



**Politécnico  
de Viseu**

Escola Superior  
de Tecnologia  
e Gestão de Viseu

# **Aplicação da metodologia BIM em um projeto de infraestrutura de transporte**

Laura Zago de Mello

## **Relatório de Estágio**

Mestrado em Engenharia da Construção e Reabilitação

Trabalho efetuado sob a orientação de  
Professor Doutor António Luís Pimentel Vasconcelos  
Professor Doutor Matheus David Inocente Domingos

Setembro de 2024



**Politécnico  
de Viseu**

Escola Superior  
de Tecnologia  
e Gestão de Viseu

# **Aplicação da metodologia BIM em um projeto de infraestrutura de transporte**

Laura Zago de Mello

## **Relatório de Estágio**

Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor António Luís Pimentel Vasconcelos  
Professor Doutor Matheus David Inocente Domingos

Setembro de 2024

## **DEDICATÓRIA**

Dedico aos meus pais, que, com seu amor incondicional, sacrifícios silenciosos e apoio constante, me deram as asas para sonhar e as raízes para alcançar. Este trabalho é tanto fruto da minha dedicação quanto do exemplo e da força que sempre recebi de vocês.

## **AGRADECIMENTOS**

Expresso minha gratidão primeiramente a Deus, por sempre guiar meus caminhos e me conceder saúde, paciência, sabedoria e força para alcançar este ponto da minha jornada.

Aos meus pais, Carlos e Valdete, por todo o apoio e amor que sempre me ofereceram ao longo dos anos. Não consigo imaginar minha trajetória até aqui sem a presença constante e encorajadora de vocês ao meu lado.

Ao meu irmão, Vitor, pelos conselhos e incentivos dados até aqui.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram um ensino de alta qualidade.

Ao Instituto Politécnico de Viseu pela oportunidade de realizar um intercâmbio de dupla diplomação. Esta vivência ampliou meus horizontes e proporcionou um crescimento significativo em minha trajetória acadêmica e pessoal.

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos aos meus orientadores, Prof. Dr. António Luís Pimentel Vasconcelos e Prof. Dr. Matheus David Inocente Domingos. A orientação, ajuda e apoio de vocês no desenvolvimento deste trabalho foram inestimáveis.

Ao Gabriel, pelo apoio, incentivo e companheirismo ao longo de todos esses anos.

A Sistene Engenharia, em especial ao Eng. Nuno França pela oportunidade da realização desse trabalho e pelos ensinamentos dados ao longo do seu desenvolvimento.

Aos amigos que fiz em Portugal — Francesca, Gabriela, Gustavo, Juliane, Miguel e Nicolly. Os desafios, os aprendizados e as conquistas que vivemos juntos foram marcantes, e a presença de vocês fez cada momento ser ainda mais significativo. As risadas, os bolos, as horas de estudo e as vitórias compartilhadas transformaram essa jornada em algo inesquecível

Também agradeço a todos os meus amigos de curso, pela amizade e pela cooperação mútua durante estes anos.

## RESUMO

Devido ao seu caráter inovador e integrativo, a Modelagem de Informação da Construção (BIM) representa um dos maiores avanços da construção civil nos últimos anos. Esta metodologia utiliza modelos tridimensionais inteligentes para consolidar informações detalhadas sobre um projeto, além de facilitar a integração de dados entre diferentes áreas e o compartilhamento eficiente de informações. No contexto da infraestrutura de transportes, a adoção do BIM ainda é limitada devido à falta de profissionais capacitados e aos altos custos de implantação. Neste cenário, o presente trabalho avaliou os benefícios do uso da metodologia BIM 5D em comparação às ferramentas computacionais tradicionais (CAD/3D), aplicadas em um projeto das vias de acesso da Central Solar Fotovoltaica da Senhora da Póvoa, em Portugal. Verificou-se que a utilização das ferramentas BIM permite a extração automática de informações relevantes para o projeto, ao passo que as ferramentas convencionais requerem um tratamento manual dessas informações. Além disso, foi desenvolvido um planejamento detalhado de execução utilizando o software Navisworks, o que possibilitou simular o cronograma de execução, integrar custos aos prazos e gerar uma visualização sequencial do processo construtivo, proporcionando uma análise mais precisa e um acompanhamento mais eficaz das etapas do projeto. Portanto, conclui-se que a integração das dimensões 4D e 5D no BIM possibilita um controle mais rigoroso das atividades e dos custos, aumentando a probabilidade de conclusão do projeto dentro dos prazos e com o orçamento inicialmente estabelecido.

**Palavras-chave:** Metodologia BIM, Infraestrutura de transporte, Projeto, Planejamento.

## **ABSTRACT**

Due to its innovative and integrative features, Building Information Modeling (BIM) has constituted considerable improvement in the civil construction sector in the last years. This methodology utilizes intelligent three-dimensional models to consolidate detailed information about a specific project, and it also facilitates data integration within different areas and efficient sharing of information. In the context of transport infrastructure, the adoption of BIM is still limited due to the lack of trained professionals and the high implementation costs. Given this scenario, the present study evaluated the benefits of the five-dimension BIM methodology when compared with traditional computer aided design software. This study focused on a project of access roads located in the Senhora da Póvoa Photovoltaic Solar Plant, in Portugal. The results demonstrated that the use of BIM tools allowed an automatic extraction of relevant information about the project, whereas conventional software required manual extraction and treatment of such pieces of information. Finally, a detailed execution plan was developed using the Navisworks tool, which enabled the simulation of the execution schedule, integration of costs with timelines, and generation of a sequential visualization of the construction process, providing a more accurate analysis and more effective monitoring of project stages. Therefore, it is concluded that the integration of 4D and 5D dimensions in BIM allows for more rigorous control of activities and costs, increasing the likelihood of project completion within the established deadlines and budget.

**Keywords:** BIM Methodology, Transport Infrastructure, Design, Planning.

# ÍNDICE GERAL

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS .....	ii
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Enquadramento do trabalho.....	1
1.1.1 Entidade Acolhedora .....	1
1.2 Contextualização do problema .....	1
1.3 Objetivos da investigação.....	3
1.4 Abordagem metodológica.....	3
1.5 Estrutura da dissertação .....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	5
2.1 Infraestrutura de transporte e os desafios na União Europeia .....	5
2.2 <i>Building Information Modeling</i> (BIM).....	7
2.2.1 Modelo parametrizado .....	9
2.2.2 Interoperabilidade.....	10
2.2.3 Dimensões do BIM.....	11
2.2.4 Níveis de maturidade .....	13
2.2.5 Vantagens do BIM.....	15
2.2.6 Dificuldades para implantação do BIM.....	16
2.2.7 Metodologia BIM em Portugal.....	18
2.3 Uso do BIM em obras de infraestrutura viária .....	19
2.4 Projeto de rodovias e respectivas ferramentas computacionais.....	19
3 ESTUDO DE CASO .....	26
3.1 Detalhamento do local estudado.....	27

3.2	Caracterização do projeto .....	28
3.3	Elaboração do projeto segundo a metodologia BIM .....	30
3.3.1	Projeto Geométrico.....	30
3.3.2	Projeto de Terraplenagem.....	35
3.3.3	Projeto de Drenagem .....	36
3.3.4	Planejamento da Obra.....	41
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	46
4.1	Análise dos projetos .....	46
4.1.1	Projeto Geométrico.....	46
4.1.2	Projeto de Terraplenagem.....	51
4.1.3	Projeto de Drenagem .....	54
4.2	Informações Apresentadas.....	57
4.3	Lista de Materiais e Levantamento de Custos .....	59
4.4	Planejamento da obra.....	61
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....	65
5.1	Conclusões.....	65
5.2	Sugestões de Trabalhos Futuros .....	66
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
	<b>APÊNDICES</b> .....	76
	APÊNDICE A – Locação dos Eixos .....	77
	APÊNDICE B – Relatório de Volumes de Terraplenagem por Estaca.....	81
	APÊNDICE C – Diagrama de Massas .....	88
	APÊNDICE D - Lista de Quantidades e Orçamento.....	92
	APÊNDICE E - Cronograma Completo.....	94
	<b>ANEXOS</b> .....	95
	ANEXO A – Custos Unitários Utilizados .....	96

## ÍNDICE DE TABELAS / QUADROS

Tabela 1 – Benefícios apontados por usuários do BIM.....	16
Tabela 2 – Informações sobre geometria, terraplenagem, supressão vegetal e pavimentação .....	36
Tabela 3 – Informações do modelo de drenagem.....	40
Tabela 4 – Rendimentos diários de algumas atividades .....	43
Tabela 5 – Durações das atividades na construção dos acessos rodoviários.....	44
Tabela 6 – Locação do Eixo da Via B .....	50
Tabela 7 – Volumes Totais do Projeto de Referência .....	51
Tabela 8 - Volumes Totais .....	52
Tabela 9 - Tabela de Corte e Aterro por Estaca .....	52
Tabela 10 – Comparação entre as informações dos modelos.....	57
Tabela 11 – Custos por etapa de construção.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Extensão das redes de autostradas na UE em Km (2005 e 2016) .....	6
Figura 2 – Extensão das redes ferroviárias na UE em Km (2005 e 2016) .....	6
Figura 3 – Ciclo de processos do BIM .....	8
Figura 4- Parâmetros da seção transversal de uma pista parametrizada.....	9
Figura 5- Exemplo de uma seção transversal de uma pista parametrizada no <i>software Civil 3D</i> .....	10
Figura 6 – Dimensões do BIM .....	12
Figura 7 – Níveis de maturidade BIM .....	14
Figura 8 - Dificuldades na implantação da tecnologia BIM no Brasil .....	17
Figura 9 – Principais soluções da <i>Autodesk</i> para projetos de infraestrutura em BIM....	21
Figura 10 – Exemplo da interface do <i>Infraworks</i> .....	21
Figura 11 – Modelo de projeto no <i>software AutoCAD Civil 3D</i> .....	22
Figura 12 – Verificação do raio adotado na interseção com o veículo tipo no <i>AutoCAD Civil 3D</i> .....	23
Figura 13 – Interface do cronograma no programa computacional <i>Navisworks</i> .....	24
Figura 14 – Modelagem do projeto geométrico .....	26
Figura 15 – Execução da terraplenagem.....	26
Figura 16 – Modelagem do projeto de drenagem.....	27
Figura 17 – Planejamento da obra .....	27
Figura 18 – Localização do projeto estudado .....	29
Figura 19 – Implantação da Central Solar: (a) Núcleos 1 e 2; (b) Núcleo 3; e (c) Núcleo 4 .....	30
Figura 20 – Arquivo com as curvas de nível.....	31
Figura 21 – Superfície gerada.....	31
Figura 22 – <i>Layout</i> dos Núcleos 01 e 02 .....	32
Figura 23 - Exemplo de um perfil com <i>greide</i> projetado .....	33
Figura 24 - Seção transversal da plataforma .....	33
Figura 25 - Visualização da superfície de projeto em 3D .....	34
Figura 26 - Aviso de alteração no projeto de geometria e terraplenagem.....	34
Figura 27 – Conjuntos de propriedades de geometria e terraplenagem no <i>Civil 3D</i> .....	35

Figura 28 – Parâmetros utilizados para cálculo dos dispositivos .....	37
Figura 29 – Interface do <i>plugin</i> Sólidos para a verificação dos requisitos de drenagem	39
Figura 30 – Visualização tridimensional da rede de drenagem projetada.....	39
Figura 31– Conjuntos de propriedades relacionadas aos dispositivos de drenagem no <i>Civil 3D</i> : (a) Longitudinais; (b) Lineares; e (c) Pontuais .....	40
Figura 32 – Exemplo de exportação das propriedades de drenagem longitudinais.....	42
Figura 33 – Visualização do programa <i>Navisworks</i> .....	42
Figura 34 – Interface do programa com a lista de materiais .....	43
Figura 35 – Interface gráfica da ferramenta Linha do Tempo.....	45
Figura 36 – Projeto Geométrico de Referência (Planta) .....	47
Figura 37 – Projeto Geométrico de Referência (Perfil Logitudinal).....	48
Figura 38 – Projeto Geométrico Desenvolvido (Planta) .....	49
Figura 39 – Projeto Geométrico Desenvolvido (Perfil Longitudinal).....	49
Figura 40- Diagrama de massas.....	53
Figura 41- Perfil Longitudinal Via F .....	54
Figura 42 - Projeto de Drenagem de Referência .....	55
Figura 43 - Projeto de Drenagem Revisado.....	55
Figura 44 - Encaixe dos dispositivos de drenagem no <i>Civil 3D</i> .....	56
Figura 45 - Encaixe dos dispositivos de drenagem e propriedades no <i>Navisworks</i> .....	56
Figura 46 – Comparação da visualização das informações entre os modelos.....	58
Figura 47 – Utilização da Ferramenta de Revisão no <i>Navisworks</i> .....	59
Figura 48 – Cronograma da obra na interface do <i>Navisworks</i> .....	61
Figura 49 – Acompanhamento da obra no <i>Navisworks</i> – Início .....	62
Figura 50 – Acompanhamento da obra no <i>Navisworks</i> - Desmatamento .....	62
Figura 51 – Acompanhamento da obra no <i>Navisworks</i> – Terraplenagem .....	63
Figura 52 – Acompanhamento da obra no <i>Navisworks</i> - Finalizado .....	63

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1 Enquadramento do trabalho**

O presente relatório foi elaborado no âmbito da Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio, do 2.º semestre do 2.º ano, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, pelo Instituto Politécnico de Viseu. O trabalho foi desenvolvido na modalidade de "Estágio", com o apoio da empresa Sistene Engenharia Lda. sediada em Aveiro, durante o período de 5 de fevereiro a 12 de julho de 2024.

### **1.1.1 Entidade Acolhedora**

A Sistene Engenharia Lda. é um gabinete de projetos de engenharia civil sediado em Aveiro, Portugal, que atua de forma integrada em equipas multidisciplinares como coordenador, projetista ou consultor. Fundada em 2005, a empresa oferece uma ampla gama de serviços, incluindo projetos de infraestruturas, fundações, estruturas, redes de drenagem, e segurança contra incêndio. Especializada em áreas como reabilitação de edifícios, sistemas de energias renováveis, e infraestruturas viárias, a Sistene Engenharia se destaca pelo compromisso com a sustentabilidade e inovação, desenvolvendo projetos em mais de 90 municípios portugueses e internacionalmente, com mais de 70 parques eólicos projetados e uma significativa atuação em centrais fotovoltaicas.

## **1.2 Contextualização do problema**

Os projetos de infraestrutura apresentam dificuldades de execução, principalmente em função de deficiências na elaboração dos projetos e na realização das obras. Isso pode ser atribuído à não utilização de tecnologias que auxiliam os projetistas e executores, apesar da alta complexidade técnica e da grande escala das obras. Consequentemente, há custos adicionais no decorrer da obra, além de eventuais atrasos ou problemas de execução em campo. Quando os projetos são elaborados separadamente e por equipas diferentes sem uma comunicação adequada entre elas, é provável que existam também incompatibilidades entre tais projetos, bem como tempo adicional de execução e custos desnecessários ao longo do cronograma.

De modo a superar estas e outras dificuldades, foi empregada a metodologia BIM (*Building Information Modeling*, ou Modelagem de Informação da Construção) para auxiliar na gestão de projetos, tendo em vista a possibilidade de criação de um ambiente

virtual durante a elaboração dos projetos. Assim, os participantes podem interagir simultaneamente e elaborar uma maquete digital que contempla todos os projetos e planejamentos para a execução da obra (Hardin & McCool, 2015). Portanto, o uso do BIM proporciona melhores soluções para o problema de coordenação entre as diferentes disciplinas, reduzindo tempo e custos pela ausência da necessidade de retrabalho.

O BIM tornou-se fundamental em projetos de alta complexidade, que exigem a interoperabilidade entre diversas áreas da Engenharia – caso das obras de infraestrutura de transporte. Tais obras demandam um trabalho coordenado e sincronizado entre as equipes que dimensionam a geometria, a terraplenagem, a drenagem, a sinalização e as obras de arte correntes e especiais. Por outro lado, seu uso em obras desse tipo ainda é relativamente limitado, no Brasil, por conta de fatores como a complexidade dos projetos (Freitas, 2020) e os altos custos de implantação dos programas computacionais (Costa, 2013).

Segundo Bradley et al. (2016), o emprego do BIM na fase de construção de obras de infraestrutura de transporte pode trazer ganhos significativos de eficiência e qualidade, permitindo a verificação de conflitos espaciais, o uso de Sistemas de Informação Geográfica (GIS – *Geographic Information Systems*) e modelos integrados de cronograma e custos. Por sua vez, Lima (2019) indica que o BIM pode ser utilizado como uma central de informação, agregando dados não geométricos e que auxiliam na construção do empreendimento. Os benefícios do uso do BIM foram constatados em um estudo com 82 empresas brasileiras e publicado por Steiner (2016), no qual foram observados benefícios como maior qualidade e precisão dos projetos, melhores visualizações de modelos tridimensionais, otimização dos tempos de execução e antecipação nas tomadas de decisão. Na opinião de Cheng et al. (2016), nota-se a urgência na implantação desta tecnologia em projetos de infraestrutura de transporte, que geralmente apresentam prazos curtos e altos custos de execução.

Considerando a relevância e os benefícios do BIM na área de Transportes, o presente trabalho levou em consideração a aplicação da metodologia BIM em um estudo de caso. Para tal, foi selecionado um projeto das vias de acesso de uma central solar, a ser desenvolvido com o auxílio dos programas computacionais *Civil 3D* e *Navisworks*. Mais especificamente, o estudo em questão inclui elementos de projeto como geometria, terraplenagem, drenagem e de planejamento da obra.

### **1.3 Objetivos da investigação**

O objetivo geral deste trabalho é avaliar os benefícios da metodologia BIM 5D no desenvolvimento de projetos de um acesso rodoviário (Geométrico, Terraplenagem e Drenagem) para a Central Solar Fotovoltaica da Senhora da Póvoa, utilizando os softwares *Civil 3D* e *Navisworks* da *Autodesk*. O estudo busca aprimorar as competências de projeto tais como Coordenação Multidisciplinar e Planejamento e Estimativa de Custos. Também permite identificar variáveis e elementos que podem ser claramente visualizados no modelo BIM, mas não são visíveis ou apresentados com clareza nas ferramentas convencionais. Desta forma, o trabalho será desenvolvido em colaboração com a equipe da Divisão de Estudos e Projetos da Sistene Engenharia, responsável pelo projeto geral da Central Solar Fotovoltaica, possibilitando o desenvolvimento de habilidades como o trabalho em equipe e da capacidade de tomadas de decisão.

### **1.4 Abordagem metodológica**

A abordagem seguida neste trabalho pode ser descrita como qualitativa, ou seja caracterizada como avaliação dos benefícios desta metodologia em relação às convencionais. Também pode ser descrita como aplicada, visto que o BIM é aplicado em um projeto real. Cabe destacar que avaliações similares e com outros projetos de Engenharia também foram feitas por Floriano (2021), Freitas (2019), Brandão (2014) e Pirôpo (2014), dentre outros autores.

### **1.5 Estrutura da dissertação**

Este trabalho foi subdividido em cinco capítulos principais. Primeiramente, inicia-se com uma Introdução sobre o tema, apresentando os objetivos principais e contextualizando a importância do estudo na área da infraestrutura viária. Em seguida, é realizada uma Revisão Bibliográfica sobre Infraestrutura de Transporte e os desafios relacionados ao tema na União Europeia. Além disso, discute-se a metodologia *Building Information Modeling* (BIM), suas aplicações, vantagens e dificuldades de implantação, com foco especial na sua utilização em obras de infraestrutura viária.

Posteriormente, é fornecida a abordagem metodológica empregada no estudo, descrevendo o local estudado, a caracterização do projeto e a aplicação da metodologia BIM no seu desenvolvimento. Na sequência, são apresentados os principais resultados a partir da aplicação da metodologia BIM, incluindo informações detalhadas sobre materiais, custos e planejamento da obra, discussões e implicações dos resultados. Ao

final, são destacadas as principais conclusões do estudo e fornecidos os respectivos anexos e apêndices.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Infraestrutura de transporte e os desafios na União Europeia**

A melhoria da infraestrutura é fundamental para o desenvolvimento socioeconômico de qualquer país, uma vez que o aumento dos investimentos nessa área está diretamente relacionado ao crescimento econômico e à redução da pobreza (Bertussi & Oliveira, 2021). É importante destacar que a infraestrutura de um país abrange um conjunto de serviços que inclui saneamento, energia, transportes e telecomunicações. No âmbito do setor de Transportes, Hoel, Garber e Sadek (2011) destacam que a infraestrutura de transporte é constituída por estruturas e serviços que permitem a locomoção de pessoas, bens e mercadorias pelos mais diversos modais. Isto atende às demandas da sociedade e pode ocorrer por via rodoviária, ferroviária, aérea ou hidroviária.

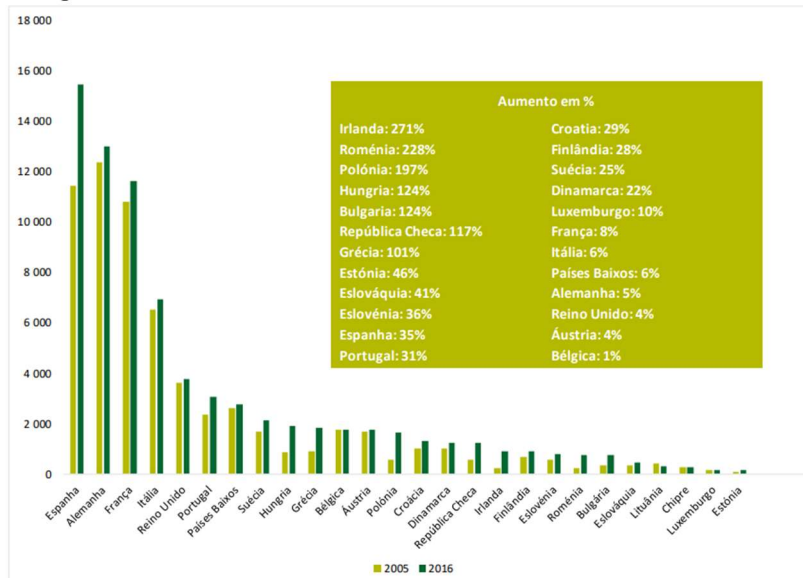
Nota-se, portanto, que os investimentos em infraestrutura de transporte são fundamentais para uma melhoria da mobilidade, um impulso à inovação e uma promoção do desenvolvimento econômico. Essas melhorias permitem o escoamento da produção de forma mais eficiente e criam oportunidades de emprego, acarretando o crescimento socioeconômico do país (Ruiz-Padillo, Silveira, e Torres, 2020). Além disso, os investimentos em infraestrutura de transporte melhoram a qualidade de vida dos cidadãos, uma vez que facilitam o acesso a serviços essenciais e oportunidades de trabalho e reduzem tempos de deslocamento e custos (Hoel et al., 2011).

Na União Europeia (UE), o transporte rodoviário é o principal meio de transporte tanto para passageiros quanto para mercadorias (Comissão Europeia: Direção-Geral da Mobilidade e dos Transportes, 2018). Aproximadamente 71% do transporte de passageiros, medido em passageiros-quilômetros, é feito por automóveis, enquanto o avião, o autocarro e o comboio representam cerca de 10%, 8% e 7%, respectivamente. No transporte de mercadorias, as rodovias também predominam, com cerca de 49% do total, seguidas pelas vias marítimas e ferroviárias, que representam aproximadamente 32% e 11%, respectivamente (Balko, 2016).

O desenvolvimento das infraestruturas de transporte na UE enfrenta desafios. Para alcançar uma mobilidade eficiente, é essencial ter uma infraestrutura integrada e avançada. Em outras palavras, esta infraestrutura deve possuir uma rede de transportes que funcione de maneira coesa, onde diferentes meios (rodovias, ferrovias, aeroportos e portos) estejam interligados de forma eficiente, permitindo uma transição fácil e rápida entre eles. Além disso, tal infraestrutura deve incorporar tecnologias modernas e práticas sustentáveis,

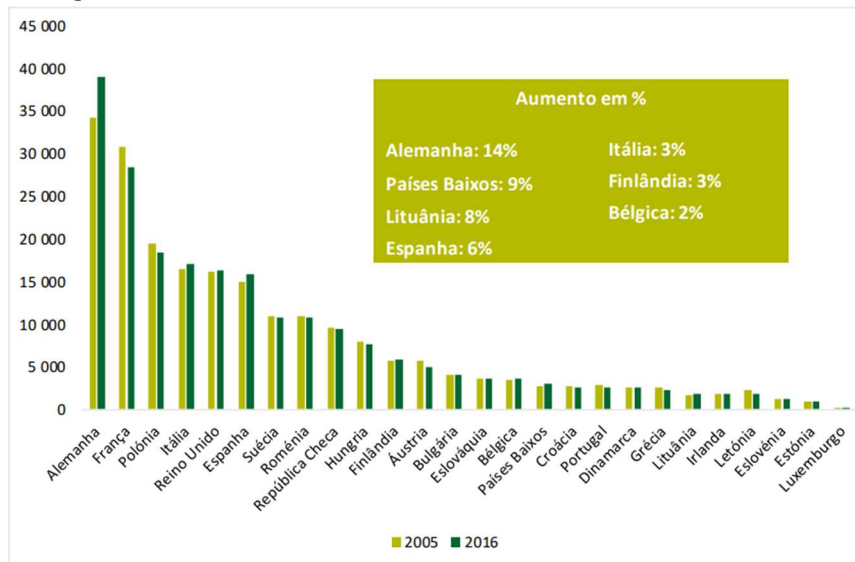
garantindo segurança, rapidez e acessibilidade. Para fins de exemplo, a Figura 1 destaca as extensões das redes rodoviárias na UE em 2005 e 2016, ao passo que a Figura 2 mostra as extensões das redes ferroviárias nos mesmos anos.

**Figura 1 – Extensão das redes de autostradas na UE em Km (2005 e 2016)**



Fonte: Comissão Europeia (2018)

**Figura 2 – Extensão das redes ferroviárias na UE em Km (2005 e 2016)**



Fonte: Comissão Europeia (2018)

O aumento do número de Estados-Membros da UE (de 15 para 28) trouxe alterações nas cadeias logísticas, exigindo um rápido desenvolvimento da infraestrutura – de modo

particular, nos Estados-Membros mais novos. A rodovia foi adaptada mais facilmente à nova realidade, pois constitui o modo de transporte mais flexível. Por outro lado, a ferrovia demanda maior esforço para modernizar suas redes. O ritmo de desenvolvimento das infraestruturas varia entre os países da UE, de modo que persistem falhas nas ligações e estrangulamentos, sobretudo em passagens de fronteira (Balko, 2018).

Diante desta realidade, fica evidente que ainda são necessárias melhorias significativas nos principais modais de transporte, o que inclui a execução de obras para a ampliação da capacidade e aprimoramento das estruturas já existentes – caso da Rede Transeuropeia de Transporte (RTE-T).

A RTE-T tem por objetivo a criação de uma rede de linhas férreas, rodovias, vias navegáveis, rotas marítimas, portos e aeroportos entre os países da UE, facilitando o transporte entre fronteiras de pessoas e mercadorias de forma confiável, contínua e de alta qualidade. Desta forma, será possível garantir uma mobilidade eficiente em toda a Europa e eliminar interrupções físicas, estrangulamentos e falta de conexões (União Europeia, 2021). Esta rede evoluiu ao longo do tempo, passando por uma reforma fundamental em 2013 e uma importante revisão proposta em 2021. O acordo provisório recente estabelece prazos para a conclusão dos diferentes níveis da RTE-T: a rede principal deve estar concluída até 2030, a nova rede principal deve estar alargada até 2040 e a rede global precisa estar finalizada até 2050 (Conselho da União Europeia, 2023).

## **2.2 *Building Information Modeling (BIM)***

O *Building Information Modeling (BIM)* – ou Modelagem da Informação da Construção – consiste em um conjunto integrado de tecnologias e processos que viabilizam a criação, utilização e atualização de modelos digitais de construções de forma colaborativa, atendendo a todos os envolvidos no empreendimento e em qualquer etapa do ciclo de vida da construção (Sacks et al., 2021). Segundo Kamardeen (2010), o BIM não se limita a um simples modelo virtual do empreendimento, pois compila todos os atributos do projeto em um único modelo e permite sua utilização em estudos de viabilidade, orçamento, construção, sustentabilidade e planejamento da obra. Dentre os requisitos para realização do projeto segundo a metodologia BIM, Sacks et al. (2021) elencam:

- Os objetos possuem representação digital e podem ser manipulados de maneira inteligente e integrados em programas que utilizam a metodologia BIM como forma de representação (interoperabilidade);

- Estes mesmos objetos são organizados em um *layout* que permite a visualização de maneira coerente;
- Os componentes incluem dados que descrevem seu comportamento, o que facilita os processos de trabalho e análises posteriores; e
- Os dados são consistentes, de tal modo que qualquer mudança em um de seus componentes será refletida em todas as visualizações associadas a eles (objetos paramétricos).

A utilização do BIM é bastante distinta dos processos comumente adotados na construção civil, os quais dividem a execução e os projetos em si em equipes separadas. Não raro, isto dificulta a comunicação entre as diversas equipes responsáveis pela execução do projeto, comprometendo a sua eficiência. O BIM, por sua vez, busca integrar todas as etapas em um único processo, proporcionando maior integração e eficiência em termos de execução do projeto, construção e gerenciamento da obra (Brandão, 2014). Nota-se, portanto, que o BIM não se trata de um programa computacional em particular, mas sim de uma metodologia de trabalho que busca produzir e compartilhar todos os documentos relacionados ao ciclo de vida de uma construção (Sacks et al., 2021), conforme ilustrado na Figura 3.

**Figura 3 – Ciclo de processos do BIM**



**Fonte: Emas Jr. Consultoria (2020)**

Muitas pessoas acreditam que o modelo 3D é a única parte da metodologia BIM, o que é incorreto. Na verdade, o BIM envolve muito mais do que apenas a modelagem 3D. A metodologia abrange informações como cronogramas, orçamentos, especificações de materiais e contratos. Além disso, o BIM também envolve a colaboração entre diferentes partes envolvidas em um projeto tais como arquitetos, engenheiros, construtores e proprietários. O objetivo desta colaboração é integrar as informações e melhorar a qualidade e a eficiência do processo de construção (Brandão, 2014).

### 2.2.1 Modelo parametrizado

Andrade e Ruschel (2009) e Sacks et al. (2021) afirmam que uma das principais ferramentas da modelagem BIM é a utilização da representação paramétrica de objetos. Esta modelagem consiste em objetos virtuais dotados de parâmetros geométricos e não geométricos, a serem definidos pelo projetista. Isto possibilita a automatização do modelo, visto que permite a atualização automática de todas as características do projeto que estão interligados quando um objeto é modificado. Também diminui a necessidade de atualizações manuais e garante a coerência dos dados em todo o projeto.

No contexto de infraestrutura de transporte, os modelos paramétricos têm uma aplicação especialmente útil na criação de elementos geométricos como rodovias, pontes, túneis, viadutos e ferrovias. Isto se deve à possibilidade de inserção de parâmetros geométricos como largura da pista, inclinação do terreno e raio da curva, dentre outros. Desta forma, é possível criar modelos altamente precisos, conforme exemplificado na Figura 4 e na Figura 5 (Brandão, 2014). Também é possível adicionar parâmetros não geométricos como custo, material, código do insumo e referência do fabricante (Sacks et al., 2021).

**Figura 4- Parâmetros da seção transversal de uma pista parametrizada**

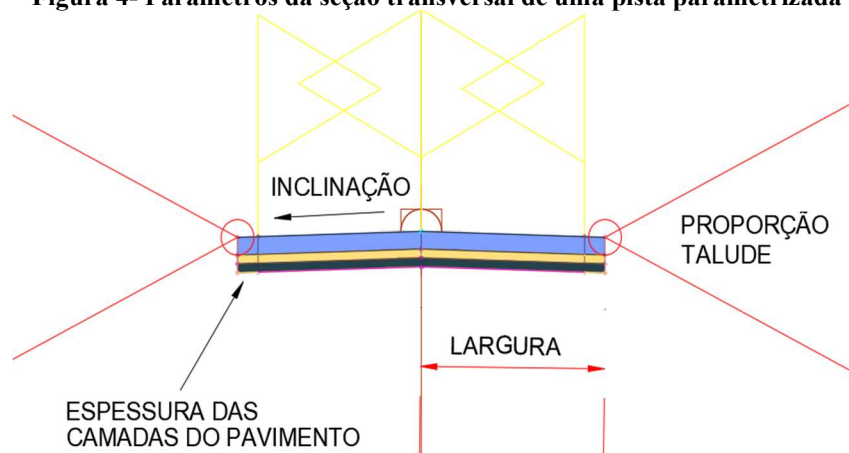
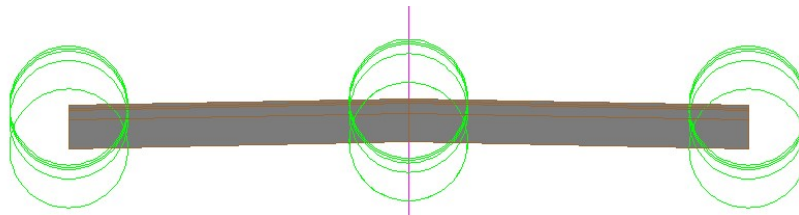
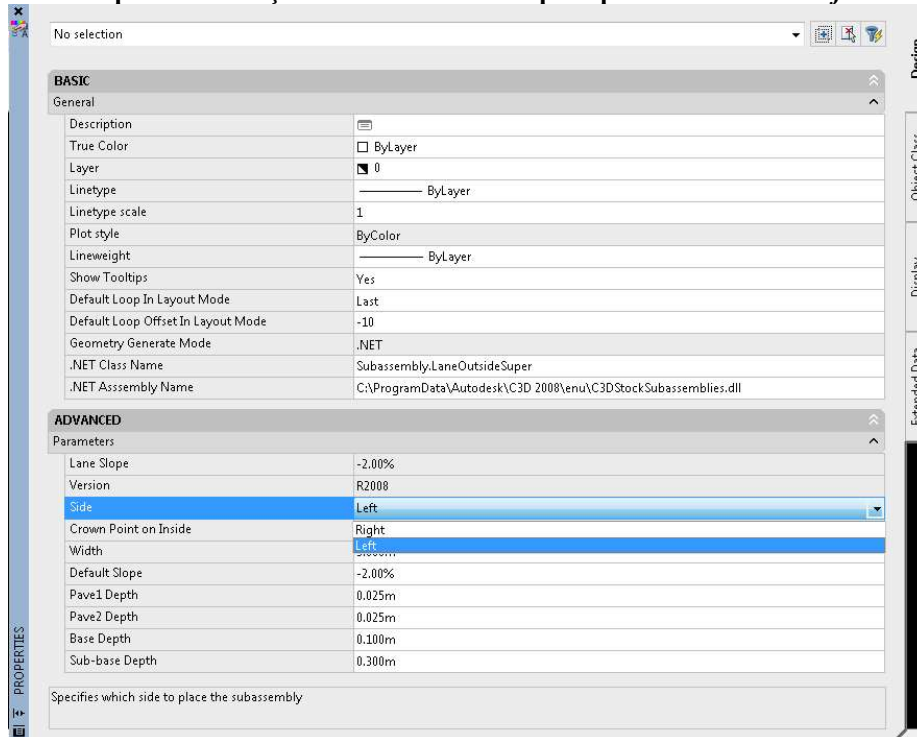


Figura 5- Exemplo de uma seção transversal de uma pista parametrizada no software Civil 3D



Fonte: Dalle Molle (2010)

A aplicação desta técnica na modelagem de projetos proporciona maior agilidade, eficiência e precisão, quando comparada à metodologia tradicional de desenho assistido por computador (CAD – *Computer Aided Design*, em inglês). De modo particular e quando há a necessidade de modificação do projeto original, a possibilidade de automatização do modelo e a facilidade na extração das informações geram economia de tempo e recursos, suprimindo a necessidade de retrabalhos sempre que algum elemento é modificado (Brandão, 2014; Ribeiro e César Júnior, 2021).

### 2.2.2 Interoperabilidade

Além da modelagem paramétrica, outra característica essencial e que faz parte da metodologia BIM é a interoperabilidade. Conforme Sacks et al. (2021), a interoperabilidade é a capacidade de diferentes softwares BIM em trocar informações e dados de projeto entre os vários intervenientes, tudo de forma eficiente e precisa. Isto é

fundamental para a colaboração e coordenação entre disciplinas e equipes de projeto diferentes, que usam diferentes *softwares* para criar, analisar e compartilhar informações relacionadas ao projeto.

Tendo em vista a ampla variedade de programas computacionais existentes no mercado da Engenharia Civil, cada empresa costuma adotar um programa que melhor se adequa às suas necessidades. No entanto, essa diversidade de ferramentas pode trazer dificuldades na hora de compartilhar as informações com outros programas utilizados no projeto (Sacks et al., 2021). Desta forma, é fundamental que haja uma ferramenta intermediária e capaz de receber os projetos e compatibilizá-los entre todas as áreas.

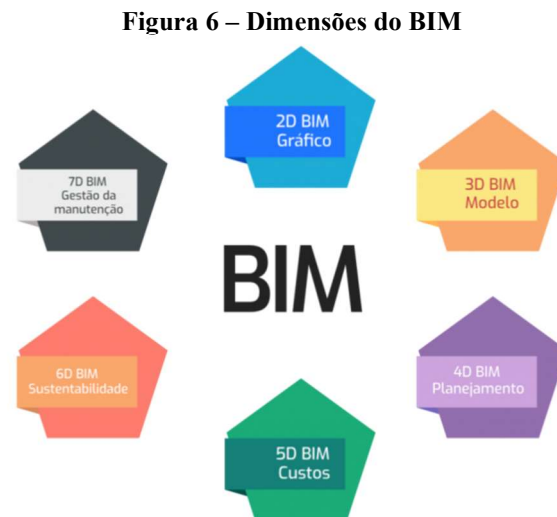
Neste sentido, houve a necessidade da criação de um formato BIM universal, no qual é possível que diferentes ferramentas computacionais compartilhem dados de forma eficiente e precisa. O *Industry Foundation Classes* (IFC) é um formato de arquivo neutro e com padrão internacional, amplamente utilizado na indústria da construção para a troca de informações entre aplicativos computacionais. Diferentemente de outros formatos, o IFC é independente e não está vinculado a um único fornecedor de *software*. Tal característica torna o IFC altamente apropriado para visualizar e analisar dados sem a necessidade de utilizar programas específicos de parceiros do projeto (Andrade & Ruschel, 2009). Além disso, a padronização adotada por cada projeto e a propriedade intelectual de cada empresa podem ser preservadas desde que as configurações apropriadas impeçam a exportação desses dados.

Nota-se que, com o uso do IFC, é possível eliminar a necessidade de repetição dos dados em um modelo prévio, permitindo um fluxo de dados confiável entre os diversos programas e aumentando a eficiência e a agilidade do projeto final (M. L. Andrade & Ruschel, 2009). Desta forma, o IFC desempenha um papel fundamental na colaboração e na integração de diferentes ferramentas computacionais em projetos BIM, visto que viabiliza a transferência de informações entre diferentes *softwares* sem que ocorram distorções indesejadas.

### **2.2.3 Dimensões do BIM**

Os construtores de empreendimentos podem usar o BIM para coordenar os projetos simultaneamente, controlar a qualidade, efetuar o planejamento de compra dos materiais e acompanhar o cronograma e o orçamento das obras. Costuma-se utilizar o termo “dimensões BIM” ou “níveis de BIM” para descrever estas diferentes interfaces da

ferramenta. Conforme Sacks et al. (2021), tais dimensões são compostas pelo modelo tridimensional detalhado (3D), cronograma (4D), orçamentos (5D), sustentabilidade (6D) e manutenção (7D), como ilustrado na Figura 6. Portanto, quanto maior a dimensão BIM adotada para a realização do projeto, maior será a quantidade de informações disponíveis no modelo.



A dimensão 3D refere-se à representação tridimensional através da modelagem virtual, sendo utilizada para mostrar objetos de forma dinâmica e realista. Esta abordagem é amplamente empregada na visualização de empreendimentos, em que cada componente é cuidadosamente representado como uma parte da construção. De acordo com Martins Júnior (2018), a dimensão 3D permite uma perspectiva visual mais precisa do empreendimento em questão.

A quarta dimensão do BIM (ou 4D) associa todos os elementos ao tempo. Isto permite a definição do momento de compra dos insumos e aluguel dos equipamentos, preparo, armazenamento, instalação e utilização, por exemplo. Assim, questões relacionadas ao planejamento e ao cronograma de execução do empreendimento estão incluídas na modelagem BIM. A utilização do 4D possibilita uma melhor visualização das atividades, reduzindo atrasos durante a obra (Pitake, 2013).

A quinta dimensão (5D) está relacionada à integração dos elementos construtivos derivados da modelagem 3D, juntamente com seus respectivos custos unitários (Sacks et al., 2021).

Através da modelagem 5D, cria-se uma interligação entre o modelo tridimensional, o cronograma e o orçamento da obra, proporcionando ao usuário uma visualização do cronograma físico-financeiro (Holanda Neto e Fragoso, 2017). Esta dimensão desempenha um papel essencial ao garantir uma maior precisão do orçamento e um controle mais eficaz das possíveis alterações no escopo, materiais, mão de obra ou equipamentos.

A sexta dimensão (6D) adiciona energia e sustentabilidade à modelagem, analisando quantitativamente e qualitativamente a energia da edificação a ser consumida no seu ciclo de vida. Além da análise energética, essa dimensão também inclui a avaliação do impacto ambiental e da eficiência energética da edificação. Isto permite que os projetistas e engenheiros possam identificar e corrigir problemas de desempenho energético durante o projeto, o que acarreta uma economia de recursos e uma redução de emissão de gases poluentes ao longo da vida útil da edificação (Yung & Wang, 2014).

Finalmente, a sétima dimensão do BIM (7D) tem como objetivo controlar os dados de projeto após a construção, de modo que a manutenção da vida útil da construção passa a ser incluída na ferramenta (Silva, Huppés & Pedrozo, 2018). Na opinião de Martins Júnior (2018), essa dimensão é fundamental para a gestão completa da construção, devendo incluir garantias, contratos de fornecedores, manuais técnicos e outras informações essenciais à manutenção do empreendimento. Com isso, a sétima dimensão se torna essencial para a garantia da qualidade e durabilidade da obra ao longo do tempo.

#### **2.2.4 Níveis de maturidade**

O nível de maturidade BIM é um método que auxilia as empresas a identificarem o quão otimizado é o uso do BIM e quais vantagens uma equipe consegue extrair dessa metodologia (Moraes, 2020). Segundo Succar (2009), o planejamento das atividades para a implantação do BIM consiste em quatro níveis, sendo um nível inicial e três de maturidade – vide Figura 7. No nível 0 (também chamado de Pré-BIM), tem-se a representação da informação em duas dimensões, o que significa que todas as informações são independentes e é necessária interpretação prévia dos intervenientes. A colaboração entre as partes interessadas ocorre de forma linear, o que torna o processo demorado e demanda muita troca de informação. Em geral, há um baixo investimento em tecnologias neste nível e a interoperabilidade acontece de forma muito deficiente (Pontes, 2016).

Já no Nível 1 (Modelação), tem-se o início da implantação da metodologia BIM. É nessa fase que um modelo de representação tridimensional é criado, utilizando-se a modelagem paramétrica dos objetos. Ainda não existe colaboração entre as diferentes áreas de especialização, tendo em vista a falta de cruzamento entre os modelos. A troca de informações continua sendo unidirecional e a comunicação não é sincronizada (Succar, 2009).



**Fonte: Adaptado de Succar (2009)**

No Nível 2 (Colaboração entre Disciplinas), as diversas especialidades envolvidas no projeto conseguem partilhar informações e colaborar um mesmo modelo. A utilização de um modelo comum ou a troca de modelos implica a necessidade de utilizar o mesmo *software* neste estágio ou, alternativamente, adotar o formato IFC para transferência de informações. Neste nível de maturidade, torna-se possível associar as  $N$  dimensões do empreendimento ao modelo 3D. Com a colaboração, surge a necessidade de integrar essas informações diretamente ao modelo, facilitando assim a compreensão por parte de todos os intervenientes do projeto (Succar, 2009). Ainda que o processo de comunicação apresente desafios e a coordenação entre as partes envolvidas no modelo possa ser mais eficiente, já se observa uma evolução significativa (Pontes, 2016). A colaboração é tida como total neste nível, enquanto a interoperabilidade ainda é parcial porque utiliza modelos distintos (Franco Júnior, 2019).

No caso do Nível 3 (Integração Ampla), este consiste no último estágio para a completa adoção do conceito BIM. Nesta fase, a integração e a interoperabilidade da informação devem ocorrer de maneira consistente e contínua, envolvendo todos os intervenientes e durante todo o ciclo do empreendimento. O sistema de informações deve transitar em todas as direções, mantendo-se constantemente atualizado. Qualquer alteração por parte

da equipe resulta em uma atualização automática nos modelos colaborativos do projeto (Succar, 2009). Tal integração em rede permite uma comunicação fluida com informações compartilhadas, de maneira comum e sempre atualizadas. Isto promove a uniformidade em todas as dimensões do empreendimento (Pontes, 2016). É neste nível de maturidade que se torna possível uma redução eficaz nos custos associados a prazos, incompatibilidades e desperdícios, demonstrando o potencial transformador da abordagem BIM na gestão e execução de projetos (Pontes, 2016).

### **2.2.5 Vantagens do BIM**

A plataforma BIM é mais do que apenas um simples modelador 3D. Ela consiste em uma filosofia de trabalho que integra Arquitetos, Engenheiros e Construtores (AEC) na elaboração de um modelo virtual preciso. Também apresenta uma plataforma capaz de gerar uma base de dados que contém tanto informações topológicas quanto os subsídios necessários ao orçamento, ao cálculo energético e à previsão das fases da construção, dentre outras atividades (Sacks et al., 2021).

A principal vantagem da utilização da modelagem BIM reside na capacidade de compartilhamento de um único modelo digital integrado e consistente, que pode agregar todos os aspectos do ciclo de vida do projeto de construção. Esse compartilhamento de informações em um modelo digital único permite que as equipes de profissionais envolvidos comuniquem melhor suas ideias e ações, difundindo seus conhecimentos e permitindo uma melhor compreensão dos objetivos do empreendimento (Crespo & Ruschel, 2007).

Uma pesquisa realizada em 2010 pela *McGraw-Hill Construction* nos Estados Unidos e na Europa Ocidental (França, Reino Unido e Alemanha) destacou os principais benefícios da utilização do BIM obtidos por seus usuários. A principal vantagem apontada pela pesquisa é a melhora do entendimento e qualidade do projeto, seguido pela redução de conflitos entre as diversas áreas envolvidas no projeto e a necessidade de mudanças no projeto na etapa de construção. As íntegras das respostas são mostradas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Benefícios apontados por usuários do BIM**

<b>Benefícios do BIM</b>	<b>% Respostas</b>
Reduzir o número de pedidos de informação	43
Melhorar o controle/previsão de custos	43
Ciclos de aprovação dos clientes mais rápidos	44
Reduzir mudanças durante a fase de construção	56
Reduzir conflitos durante a fase de construção	59
Melhorar a qualidade geral do projeto	62
Melhorar o entendimento geral sobre as intenções do projeto	69

**Fonte: Adaptado de Mc-Graw-Hill Construction (2010)**

Apesar de tantas vantagens, Hippert e Araújo (2010) verificaram uma redução na produtividade durante a fase inicial de implantação do BIM. Isso ocorre devido ao tempo necessário para treinamentos dos funcionários e adaptação aos novos recursos computacionais. No entanto, à medida que as empresas se familiarizam e aplicam o conceito de forma constante, a produtividade volta a crescer de maneira consistente. Oliveira (2011) complementa essas conclusões ao afirmar que a perda inicial de produtividade na implantação do BIM é compensada pela integração de informações nos *softwares*, resultando assim em redução de custos e de tempo e um planejamento mais detalhado devido à troca de dados entre tais *softwares*.

## **2.2.6 Dificuldades para implantação do BIM**

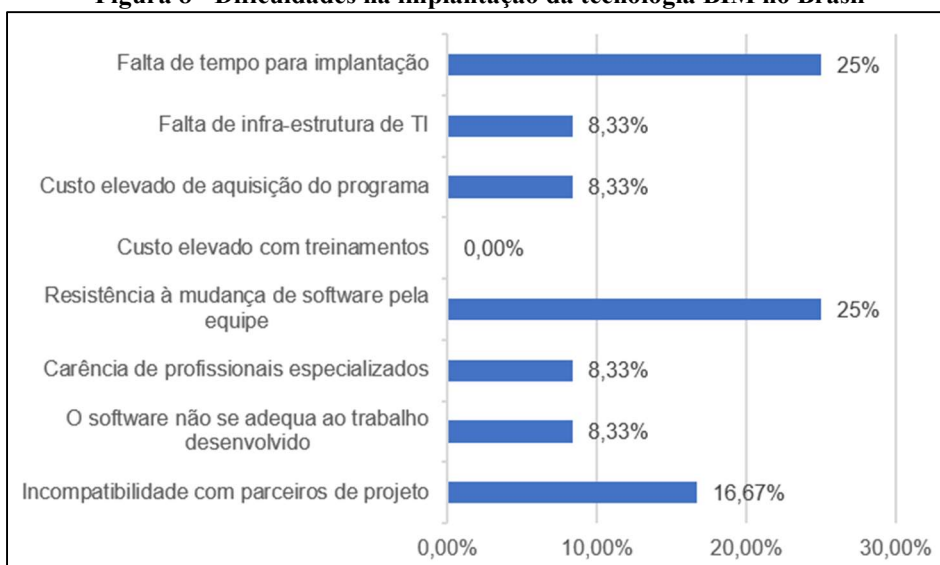
Embora a metodologia BIM possua inúmeras vantagens como aprimoramento da colaboração entre equipes, redução de erros e aumento da eficiência, ainda existem restrições significativas à sua adoção por parte de projetistas e construtoras. Um dos principais motivos apontados é a complexidade dos *softwares* que, não raro, causam demoras na sua implantação a nível organizacional (Fernandes & Couto, 2022).

Gonçalves (2022) realizou uma pesquisa recente com a comunidade interna de uma empresa brasileira do setor imobiliário, envolvendo 66 respondentes, para avaliar os benefícios e as dificuldades da adoção do BIM. Em relação às dificuldades, 68% dos participantes apontaram o alto investimento como a principal barreira. Na sequência, destacaram-se as lacunas nas especificações dos requisitos BIM, que geram ineficiência comercial, e a escassez de profissionais adequadamente qualificados. Além disso, o tempo necessário para adaptação e capacitação profissional, bem como a falta de protocolos padronizados para a condução dos processos, também foram mencionados como obstáculos significativos.

Ainda no que concerne às dificuldades para um uso mais amplo do BIM nas organizações, uma pesquisa conduzida por Souza, Amorim e Lyrio (2009) teve como objetivo principal

a caracterização do uso do BIM nos escritórios brasileiros. Conforme destacado na Figura 8, as maiores dificuldades referem-se à falta de tempo para a implantação da nova tecnologia e à resistência da equipe quanto à mudança de metodologia. Outro grande impasse apresentado no estudo é referente à incompatibilidade dos *softwares* com equipes parceiras. Por outro lado, uma das principais características do BIM está justamente no fato de ser interoperável; com isso, o único pré-requisito é que todas as equipes envolvidas adotem o uso de *softwares* compatíveis com BIM.

**Figura 8 - Dificuldades na implantação da tecnologia BIM no Brasil**



**Fonte: Adaptado de Souza, Amorim e Lyrio (2009)**

Com base nas conclusões supracitadas, é evidente que as principais dificuldades na adoção do BIM consistem na escassez de profissionais qualificados e na exigência de fornecimento de treinamentos para a equipe, uma vez que isso consome muito tempo e recursos financeiros. Ainda, muitos profissionais resistem à mudança para o sistema BIM e preferem as ferramentas computacionais tradicionais, apesar de enfrentarem dificuldades de adaptação ao novo processo de projeto oferecido pelas tecnologias (Kymmell, 2008).

Para contornar esse cenário desafiador, sugere-se a implantação do ensino das ferramentas BIM nas universidades. Tal proposta tem como objetivo a formação de profissionais qualificados e preparados para atender às demandas do mercado de trabalho. Esta iniciativa também pode reduzir a resistência à utilização do BIM e evitar a necessidade de

treinamento de toda a equipe, além de proporcionar aos estudantes uma vantagem competitiva para ingresso no mercado de trabalho (Pereira & Ribeiro, 2015).

### **2.2.7 Metodologia BIM em Portugal**

Os processos de trabalho colaborativo no contexto do BIM estão cada vez mais implantados a nível global e, de modo particular, em Portugal. Isso traz novas oportunidades de trabalho eficiente e transparente, mas também exige mudanças nos processos de trabalho que estavam estabilizados há bastante tempo (CT 197, 2021). Um dos principais motivadores dessa mudança está nas normas e regulamentos vigentes, que começaram a avançar significativamente em Portugal devido ao progresso das atividades da Comissão Técnica Europeia – mais especificamente, a atuação do Comitê Europeu de Normalização (CEN) na criação e gestão de normas relacionadas ao BIM (CEN TC 442 BIM) e a comissão técnica correspondente a nível nacional (CT197).

A CT-197 foi criada para definir uma proposta de desenvolvimento de normas para modelação da informação da construção, sistemas de classificação e processos a serem utilizados em todo o ciclo de vida do empreendimento, de modo a garantir coerência e qualidade dos objetos e modelos. Ao final, a comissão quer potencializar a cooperação entre os envolvidos no projeto e abrir espaço para a inovação, aumentando a competitividade no mercado global. Além disso, a CT-197 – através do Instituto Português de Qualidade – atua no grupo de trabalho do Comitê Europeu de Normalização, para garantir convergência entre os esforços nacionais e europeus (CT197 - BIM, 2017).

O Guia de Contratação BIM de Portugal, publicado em 2017, relata que o BIM surgiu no setor AEC como solução de modernização e reestruturação. Também aponta que o mercado de construção português pode economizar 10% até o ano de 2025 com o uso do BIM, o que corresponde a um valor de 1.700 milhões de euros (CT197 - BIM, 2017). Além disso, existe o Congresso Português de *Building Information Modeling* (PTBIM), um fórum técnico-científico de discussão e que envolve a participação ativa das comunidades profissionais e acadêmicas das áreas de Arquitetura e Engenharia. O PTBIM tem como objetivo enfatizar os problemas e esforços para implantação do BIM na Indústria da Construção, bem como reforçar as redes de profissionais que incorporam práticas BIM em suas atividades (Associação Portuguesa de Building Information Modelling, s.d.).

Ademais, existem iniciativas como o *BIMCLUB Universities* no meio acadêmico, que visa estabelecer uma plataforma virtual de discussão e promoção de ações relacionadas à

implementação do BIM, direcionada para docentes e estudantes (McAuley et al., 2017). A criação desse fórum atende às necessidades das instituições de ensino quanto à capacitação de futuros profissionais nas competências necessárias para o desempenho de suas funções, considerando as exigências atuais do mercado de trabalho. O BIMCLUB pretende, portanto, dinamizar alunos e docentes na adoção e aperfeiçoamento de metodologias de trabalho BIM (BIM CLUB, s.d.)

### **2.3 Uso do BIM em obras de infraestrutura viária**

A adoção da metodologia BIM em obras de infraestrutura e de construção pesada – aeroportos, rodovias e ferrovias, por exemplo – ainda é limitada quando comparada ao setor de obras de construção vertical. Esta realidade se reflete não apenas no mercado, mas também na produção acadêmica, que apresenta uma quantidade significativamente maior de estudos e pesquisas sobre o uso do BIM em obras de edificações (R. D. A. Brandão, 2014)

Brandão (2014) e Lima (2019) destacaram as principais vantagens que a adoção da metodologia BIM pode trazer para as empresas de obras de infraestrutura viária. Estas vantagens incluem diminuição dos custos de construção, redução no tempo de projeto e no tempo de execução de um empreendimento, menor número de reclamações por parte dos clientes, redução de retrabalho, diminuição de falhas construtivas, redução do risco de superfaturamento da obra, melhorias nos resultados e um aumento na capacidade de fornecimento de serviços.

### **2.4 Projeto de rodovias e respectivas ferramentas computacionais**

Por definição, o projeto geométrico das rodovias consiste no estudo das características geométricas do traçado e adequação às condições de relevo, ambiental e demais interferências, a fim de garantir eficiência e segurança no trecho. Juntamente com a elaboração do projeto geométrico, também é necessária a realização dos projetos de terraplenagem, drenagem, pavimentação, sinalização, e serviços complementares. Todos eles são complementados com um orçamento detalhado dos custos envolvidos na fase de projeto (Pimenta & Oliveira, 2004).

Visualiza-se, portanto, que a implantação da metodologia BIM em projetos de infraestrutura como as rodovias requer uma abordagem particular e diferenciada. Isso ocorre porque o planejamento de uma rodovia envolve diversos fatores como a topografia do terreno, as possibilidades de traçado, as questões ambientais e os aspectos regulatórios. Por isso, uma gestão eficiente de informações espaciais é essencial, bem como uma

modelagem da informação da construção para assegurar a conservação da rodovia e o cumprimento de sua finalidade (Departamento de Estradas de Rodagens do Paraná, 2020).

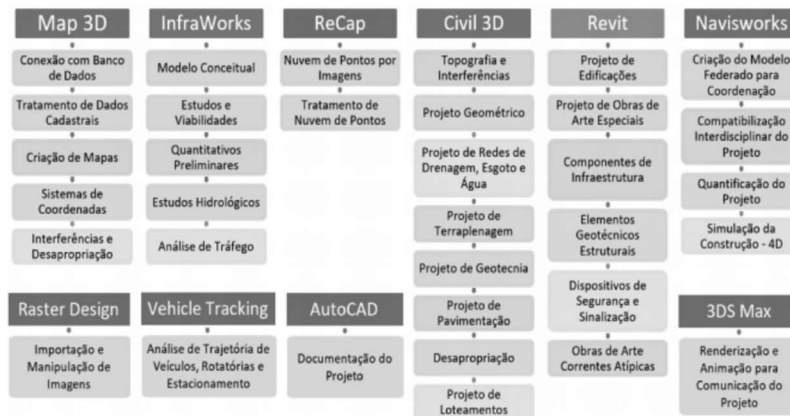
Por outro lado, um dos maiores desafios em projetos de rodovias é a integração de diferentes áreas, geralmente executadas por profissionais ou empresas distintas. Isso pode aumentar o número de conflitos e problemas de compatibilização, que geralmente são identificados apenas na fase de execução da obra. Para solucionar esta questão, a metodologia BIM se mostra eficiente porque permite a colaboração entre as equipes em uma única plataforma de trabalho, considerando um modelo único ou vários modelos interligados. Isso aumenta o controle dos serviços e a produtividade dos envolvidos, melhorando o desempenho na execução do projeto (Oh et al., 2015).

Além disso, a aplicação do BIM em projetos rodoviários traz diversos benefícios como a retirada de quantitativos de terraplenagem e de movimentações de terra, a análise de interferências entre as rodovias e os sistemas de drenagem, a extração de quantitativos das camadas da estrutura de pavimentação de uma rodovia e a integração entre BIM e Sistema de Informação Geográfica (GIS) durante os estudos. Costin et al. (2018) destacaram ainda que, em projetos de rodovias, há uma série de regras padronizadas aplicáveis ao longo de toda a extensão, que podem ser automatizadas com o uso de *softwares* BIM e melhorar a eficiência do projeto como um todo.

Existem diversas ferramentas BIM disponíveis no mercado para modelagem de sistemas de infraestrutura, sendo que a *Autodesk* e a *Bentley* são duas das principais empresas desenvolvedoras de *software* para esse setor (Franco Júnior, 2019). A Figura 9 elenca os programas computacionais principais e fabricados pela Autodesk, todos utilizados no desenvolvimento de projetos de infraestrutura e segundo a metodologia BIM.

O *Infraworks* (Autodesk, 2024b) é um *software* cujo objetivo é trazer o projeto de uma obra para o contexto real onde ela será construída, vide interface na Figura 10. Com a integração das tecnologias BIM e GIS em um modelo inteligente e 3D, o *Infraworks* possibilita a análise precisa dos dados e a visualização de projetos em tempo real, permitindo uma tomada de decisão mais assertiva por parte dos profissionais envolvidos. Além disso, o *software* oferece diversas ferramentas e recursos que facilitam o processo de planejamento, projeto e construção de infraestrutura, tornando o trabalho mais eficiente e produtivo (Brandão, 2014).

**Figura 9 – Principais soluções da Autodesk para projetos de infraestrutura em BIM**



Fonte: Cardoso (2020)

**Figura 10 – Exemplo da interface do *Infraworks***



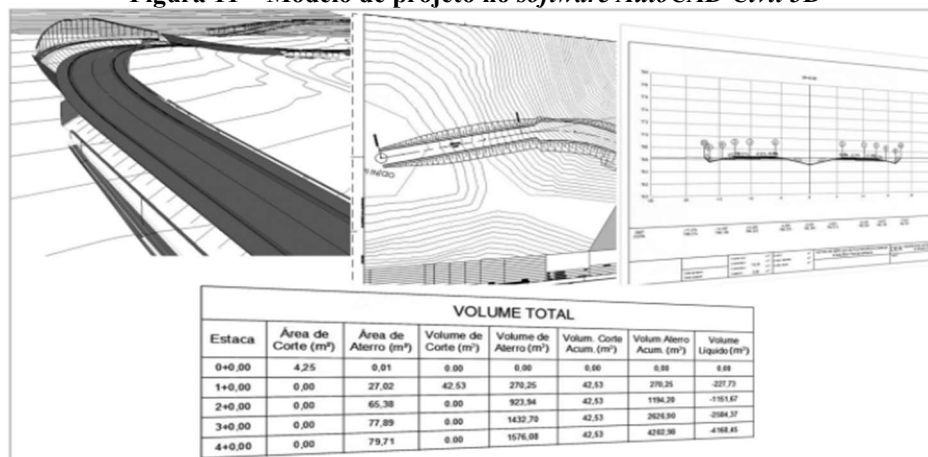
Fonte: Barros (2021)

Além das vantagens acima, o *Infraworks* também permite uma rápida modelagem de vias a partir de superfícies topográficas do terreno, contando ainda com uma vasta biblioteca de componentes paramétricos. Adicionalmente, possibilita a visualização das seções transversais e longitudinais da via e permite a escolha dos materiais e parâmetros de projeto tais como declividade, velocidade de tráfego, raios mínimos de curva e superelevação (Franco Júnior, 2019). O *Infraworks* tem grande aplicação nas etapas preliminares e conceituais dos projetos, sendo necessário um posterior refinamento em programas computacionais mais específicos como o *Civil 3D*. Por ser um *software* BIM, permite a comunicação com outros programas (Brandão, 2014).

Por sua vez, o *software AutoCAD Civil 3D* (Autodesk, 2024a) é utilizado por projetistas e construtoras para fins de detalhamento de projetos como rodovias, ferrovias, túneis e loteamentos (Cardoso, 2020). Nesta ferramenta, é possível criar um modelo 3D da obra que é atualizado automaticamente a cada modificação feita no projeto. Tal modelo inteligente permite realizar todo o projeto de engenharia com alto grau de precisão e confiabilidade. Além disso, é possível obter levantamentos de quantitativos de materiais, cálculos de movimento de terra e seus respectivos volumes de corte e aterro, bem como dados sobre a alocação de materiais na obra (Brandão, 2014).

No caso de projetos de rodovias, é possível traçar alinhamentos horizontais no *AutoCAD Civil 3D* e, em seguida, gerar automaticamente o perfil longitudinal do traçado para a criação do *greide* vertical e das seções transversais. A Figura 11 representa esquematicamente este processo computacional. Na sequência, é gerado um corredor que contém todos os parâmetros e geometrias definidas nas etapas anteriores, possibilitando a obtenção dos quantitativos de projeto (Cardoso, 2020).

**Figura 11 – Modelo de projeto no *software AutoCAD Civil 3D***

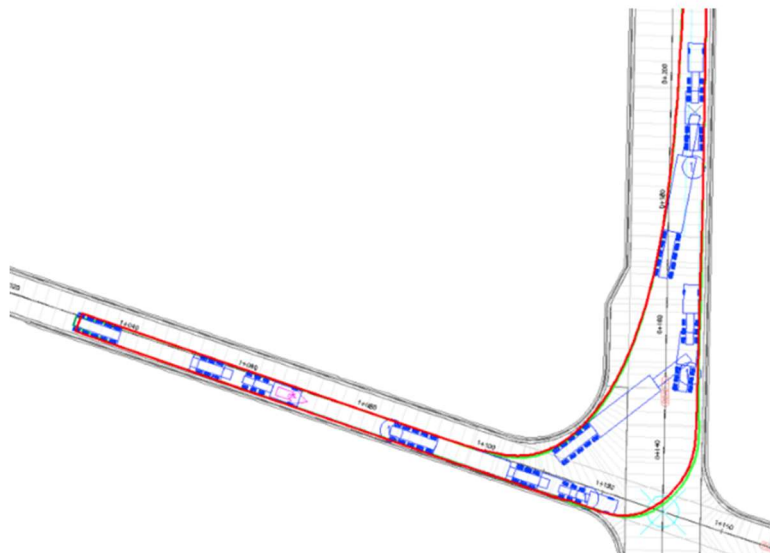


**Fonte: Cardoso (2020)**

Além dos benefícios acima, também é possível adicionar a extensão *Vehicle Tracking* dentro da interface do *AutoCAD Civil 3D* (Soethe, 2018). Isto permite o desenvolvimento de projetos de estacionamento e rotatórias, bem como a análise do giro desenvolvido por diversos tipos de veículos sobre a geometria já projetada no *AutoCAD Civil 3D*. Desta maneira, é possível verificar se os raios adotados em projeto atendem às necessidades

reais da via (Cardoso, 2020; Silvera, 2015). A Figura 12 exemplifica a compatibilização entre o raio de giro de um veículo e uma curva projetada dentro do *AutoCAD Civil 3D*.

**Figura 12 – Verificação do raio adotado na interseção com o veículo tipo no *AutoCAD Civil 3D***



**Fonte: Soethe (2018)**

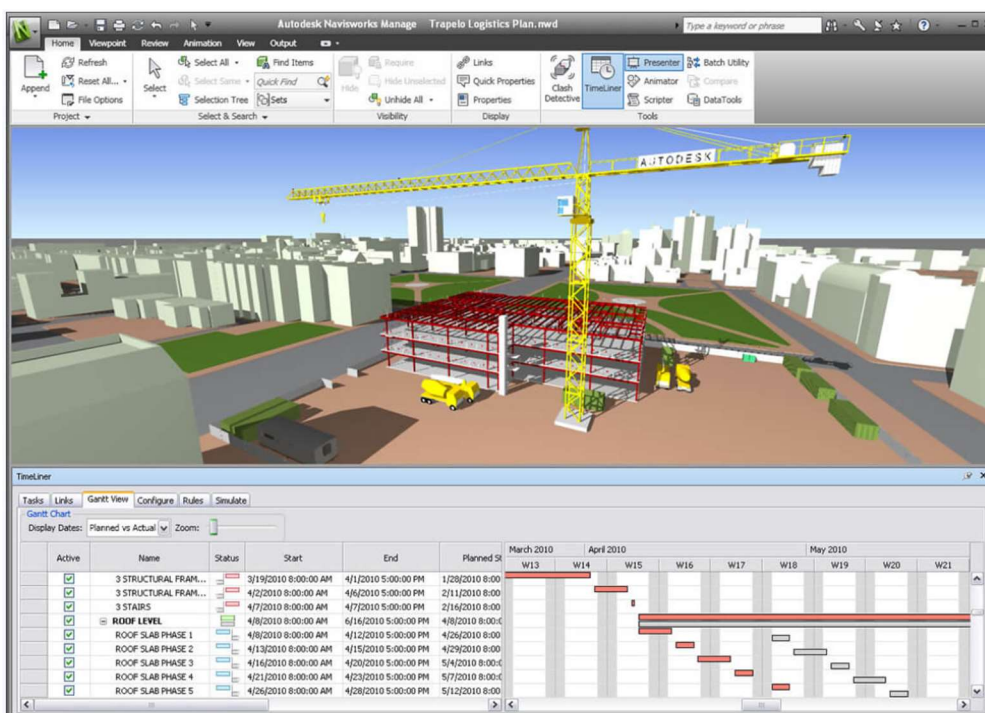
O *Navisworks* (Autodesk, 2024c) é um programa computacional com integração BIM e voltado à gestão do projeto, proporcionando ferramentas de integração, análise e comunicação entre equipes e permitindo uma análise eficiente de modelos 3D. Seus principais objetivos são a coordenação entre as diferentes especialidades de um projeto e a detecção de conflitos entre elas, além da visualização do processo construtivo e do cálculo dos custos totais do projeto (Carreiró, 2018).

De acordo com Oliveira e Netto (2017), é possível realizar as seguintes ações no *Navisworks* após a importação do modelo extraído pelo *software Civil 3D*: (a) analisar as propriedades dos elementos tais como materiais e custos unitários; (b) simular e checar interferências entre elementos construtivos; (c) gerar simulações 4D e associar os elementos construtivos com o planejamento, por meio da integração com o cronograma; (d) produzir quantitativos dos materiais e custos; e (e) criar imagens e animações realísticas do resultado final da obra.

Em complemento às vantagens acima, é possível inserir as dimensões 4D e 5D (tempo e custos) no *Navisworks* por intermédio de uma inserção manual dos parâmetros no próprio

software ou através de softwares específicos de planejamento do processo construtivo – caso do *Microsoft Project* e do *Microsoft Excel*. Com o uso destas dimensões, é possível garantir a eficiência e a qualidade da execução de projetos de construção, além de minimizar possíveis riscos e custos extras (Carreiró, 2018). A interface mostrada na Figura 13 exemplifica a integração entre o *Navisworks* e softwares de planejamento da obra.

**Figura 13 – Interface do cronograma no programa computacional *Navisworks***



**Fonte: Darós (2019)**

Ainda no âmbito do *Navisworks*, Silva (2017) afirma que o programa computacional apresenta um vasto conjunto de ferramentas de integração, análise e comunicação. Tais ferramentas auxiliam na coordenação de disciplinas, resolução de conflitos e planejamento de projetos antes mesmo de a construção ser iniciada. Dentre essas ferramentas, é possível destacar o *Timeliner*, capaz de atribuir informações de planejamento aos elementos do modelo em 3D.

Na mesma linha de raciocínio, Carreiró (2018) destaca que o *Timeliner* possibilita a conexão das tarefas planejadas com os objetos do modelo, criando uma simulação completa do processo construtivo. A ferramenta também permite a exportação de imagens

e animações da simulação, atribuição de custos às tarefas e atualização automática da simulação caso o modelo ou planejamento sejam modificados. Além disso, é possível comparar as datas planejadas e as realmente observadas na construção, visualizar o gráfico de Gantt e a sequência da construção.

### 3 ESTUDO DE CASO

Para fins de desenvolvimento do presente trabalho, foi conduzido um estudo de caso prático e aplicando a metodologia BIM em um projeto de infraestrutura viária localizado em Portugal. A sequência de execução do projeto envolveu as fases de Geometria (Figura 14), Terraplenagem (Figura 15), Drenagem (Figura 16) e Planejamento da obra (Figura 17).

Figura 14 – Modelagem do projeto geométrico



Figura 15 – Execução da terraplenagem



Figura 16 – Modelagem do projeto de drenagem

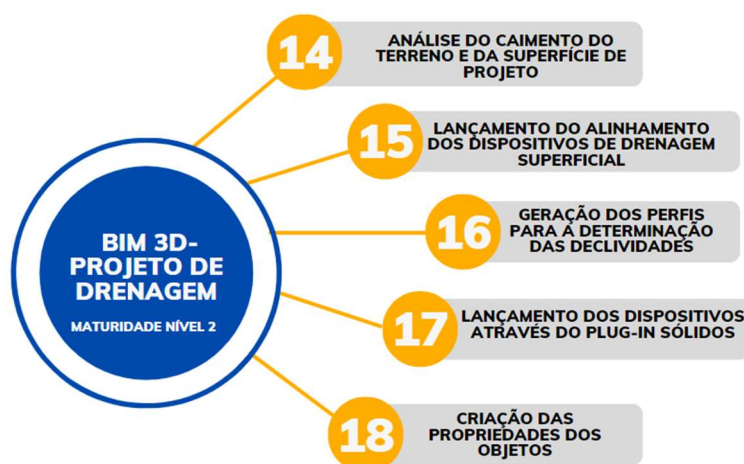


Figura 17 – Planejamento da obra



### 3.1 Detalhamento do local estudado

Este estudo concentrou-se no projeto das vias de acesso da Central Solar Fotovoltaica da Senhora da Pávoa. Vale ressaltar que o projeto já teve versões anteriores elaboradas pela empresa Sistene Engenharia. No entanto, foi necessário revisar integralmente o projeto dos acessos viários do empreendimento devido à mudança no *layout* das placas solares.

Primeiramente, foi feita uma análise do projeto existente e considerando as versões anteriores elaboradas pela Sistene Engenharia. Tal análise proporcionou uma

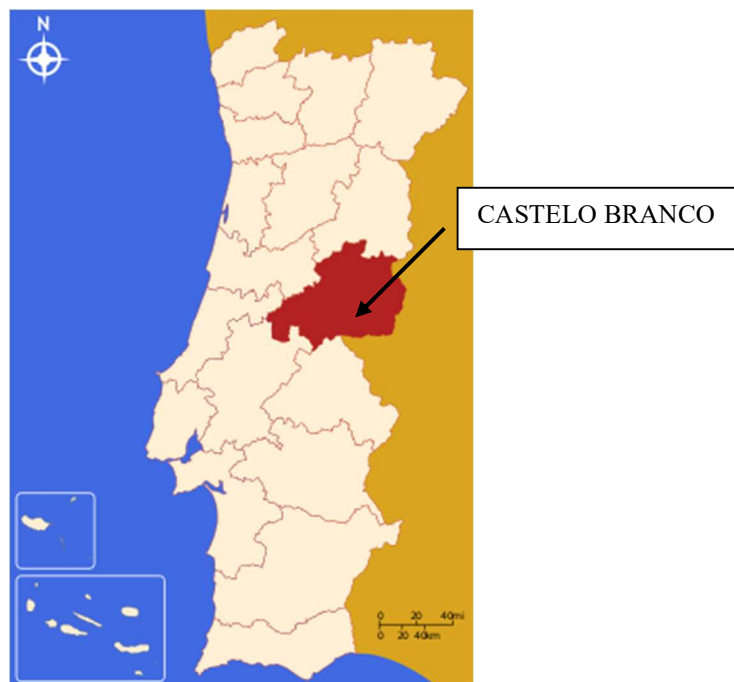
compreensão dos requisitos e dos critérios de projeto a serem atendidos. Na sequência, foi desenvolvido o Projeto Geométrico das vias de acesso segundo o novo *layout* e as recomendações decorrentes da análise do projeto existente. Foi então elaborado o Projeto de Terraplenagem, objetivando a adequação do terreno à infraestrutura viária proposta. Quanto ao Projeto de Drenagem, foi introduzida uma versão deste projeto utilizando ferramentas BIM. Essa abordagem permitiu uma visualização tridimensional integrada do sistema, facilitando a identificação de potenciais conflitos e otimizando a coordenação entre diferentes disciplinas. Ao final, foi desenvolvido um Planejamento para a execução da obra, incluindo a quantificação dos recursos necessários.

Visando esclarecer a terminologia adotada neste trabalho, os projetos desenvolvidos com a aplicação da metodologia BIM serão referidos como “projeto revisado” e “modelo BIM”. Já os projetos originalmente elaborados pela projetista, antes da implementação dessa metodologia, serão denominados “projeto de referência”, enquanto os programas empregados nesse contexto serão chamados de “ferramentas convencionais”.

### **3.2 Caracterização do projeto**

O projeto escolhido contempla os acessos viários da Central Solar Fotovoltaica da Senhora da Pávoa, situada na freguesia de Vale da Senhora da Póvoa e de Meimoa, na província de Penamacor, distrito de Castelo Branco, em Portugal. A Figura 18 apresenta a localização geográfica do projeto.

**Figura 18 – Localização do projeto estudado**

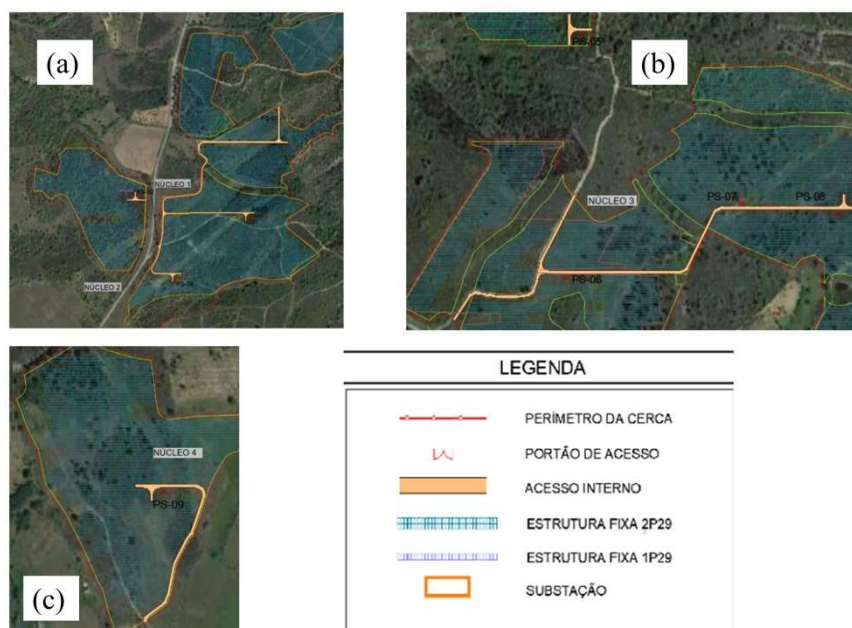


**Fonte: Adaptado de Google Images (2024)**

A Central Solar em questão será constituída por 119.896 painéis solares fotovoltaicos, totalizando uma potência de pico instalada de 65 MWp. Estima-se que anualmente sejam produzidos 106.270 MWh de energia com a implantação desse empreendimento (Agência Portuguesa do Ambiente, 2021). A área destinada à implantação do projeto tem aproximadamente 91,4 ha, conforme ilustrado na Figura 19, dos quais 23,6 ha serão ocupados por painéis fotovoltaicos e distribuídos em quatro núcleos independentes. Todos estes núcleos serão atendidos por vias de acesso para veículos, as quais têm um comprimento total de 2.770 m e são subdivididas da seguinte forma:

- Núcleo 1, composto pelas vias A (911,5 m) B (234,8 m) e C (43,7), totalizando 1.190 m;
- Núcleo 2, composto pela via D, com 83 m;
- Núcleo 3, composto pelas vias E e F, com 645,3 m e 519,8 m, respectivamente; e
- Núcleo 4, composto pela via G, com 332,1 m.

Figura 19 – Implantação da Central Solar: (a) Núcleos 1 e 2; (b) Núcleo 3; e (c) Núcleo 4



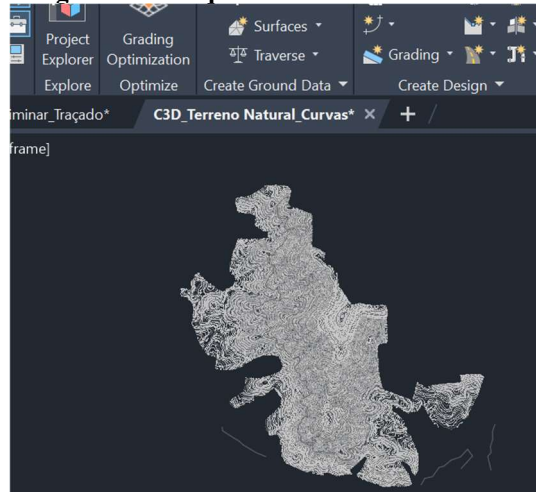
Fonte: Sistene Engenharia

### 3.3 Elaboração do projeto segundo a metodologia BIM

#### 3.3.1 Projeto Geométrico

O início do desenvolvimento do Projeto Geométrico demandou a criação de um modelo digital do terreno, cuja abordagem adotada compreendeu a criação da superfície através das curvas de nível obtidas por meio de levantamento topográfico, disponibilizados pela Sistene Engenharia, conforme Figura 20. Neste contexto, as curvas de nível foram copiadas em um arquivo independente, porém preservando a referência geográfica. A construção da superfície do terreno natural foi realizada utilizando a ferramenta "Criar Superfície". Posteriormente, as curvas de nível denominadas "Contornos" no *software* foram adicionadas à superfície, acarretando a criação tridimensional do terreno (Figura 21).

**Figura 20 – Arquivo com as curvas de nível**

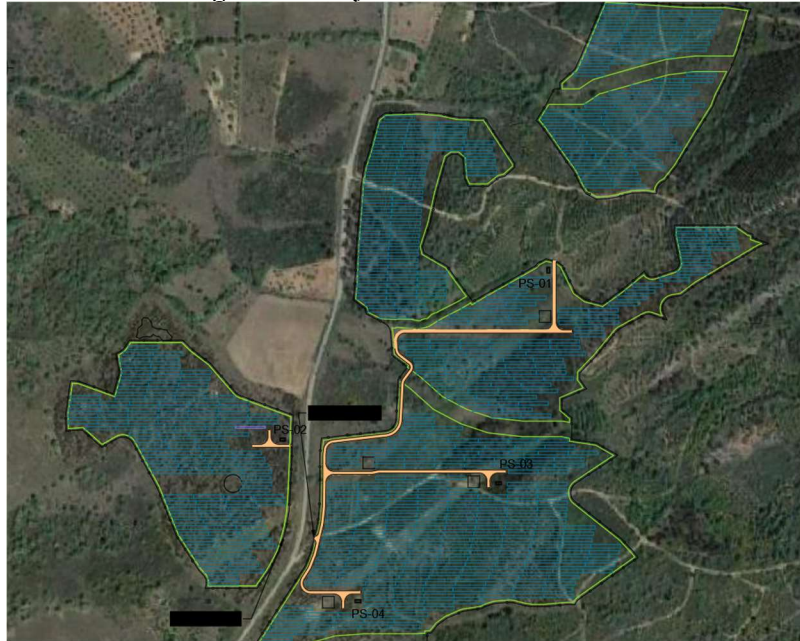


**Figura 21 – Superfície gerada**



Após a conclusão da modelagem da superfície do terreno, foi criado um atalho de dados designado como “*Data ShortCut*”, de forma a possibilitar que as diversas áreas trabalhem em arquivos diferentes e com referência direta ao arquivo original. Assim, quaisquer atualizações realizadas no arquivo, serão automaticamente refletidas nos modelos subjacentes. Na sequência, procedeu-se ao estudo do *layout* dos acessos conforme esquematizado na Figura 22, previamente disponibilizados pela Sistene Engenharia. Isto foi feito para permitir o desenvolvimento dos alinhamentos dos traçados da via.

**Figura 22 – Layout dos Núcleos 01 e 02**

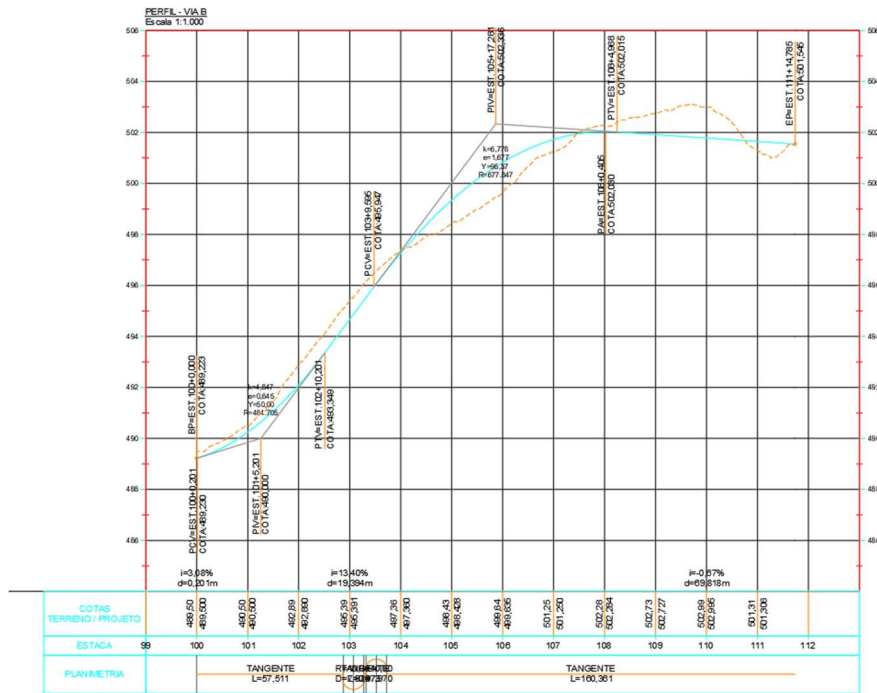


**Fonte: Sistene Engenharia**

Os parâmetros de projeto adotados, definidas em estudo prévio pela Sistene Engenharia, incluíram os seguintes: raio mínimo em planta = 7 m, largura dos acessos = 4 m, velocidade de projeto = 15 km/h, inclinação do talude de corte = 1(H):1(V), inclinação do talude de aterro = 1,5(H):1(V), raio mínimo em perfil = 250 m, inclinação transversal da plataforma = 2% para cada lado a partir do eixo, inclinação máxima da superfície em relação ao plano horizontal não excedendo 19%, e pavimento composto por 15 cm de gravilha e 15 cm de ABGE Granito. Em casos de escavação, foi assumida uma largura de drenagem igual a 1,5 m.

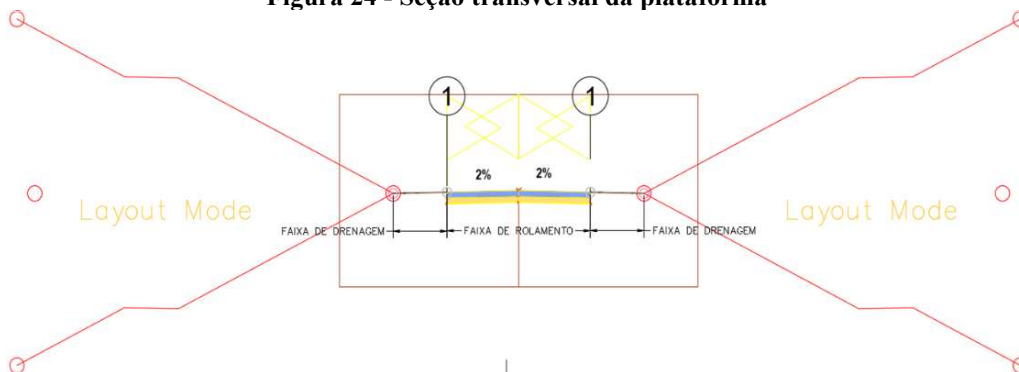
Para fins de geração dos alinhamentos, foi feito um esboço inicial com polilinhas retas. Este esboço foi posteriormente convertido em alinhamentos. Em seguida, as curvas foram ajustadas para atender aos requisitos mínimos estabelecidos. Na sequência, foi gerado o perfil transversal do traçado para criar o greide de projeto. Na Figura 23, é possível identificar o *greide* projetado (em azul) e o terreno natural (em laranja).

**Figura 23 - Exemplo de um perfil com greide projetado**



Após a elaboração dos perfis longitudinais, foi necessário criar a plataforma da via, designada como “*Assembly*” no programa (Figura 24). Nesta etapa, são estabelecidos parâmetros como a largura e a inclinação transversal e as características específicas do pavimento. Isto resulta em uma representação tridimensional da via rodoviária.

**Figura 24 - Seção transversal da plataforma**

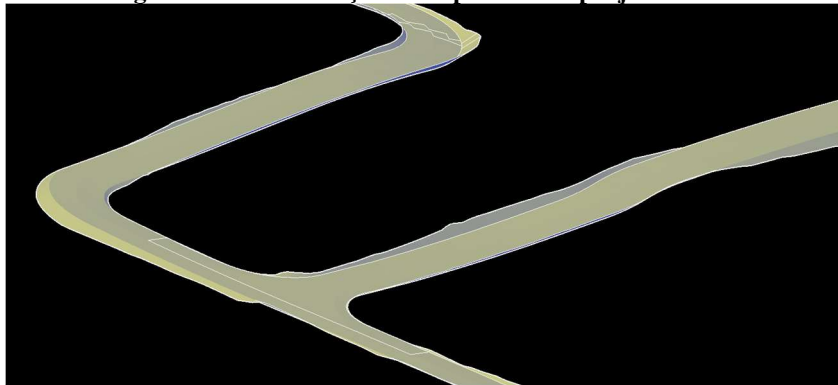


A etapa seguinte envolveu a utilização da funcionalidade "*Create Corridor*", disponível no *software*. Este comando realiza automaticamente a integração das três informações

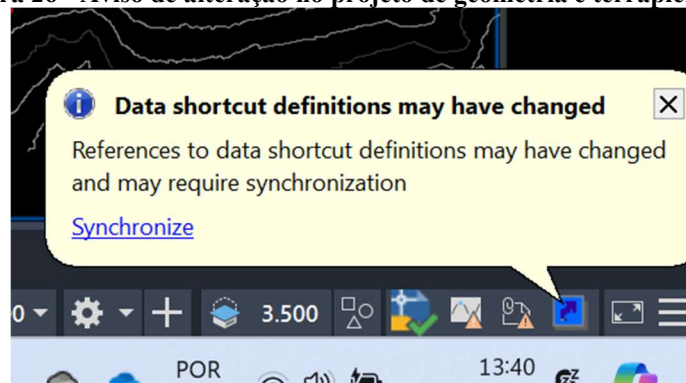
fornecidas (alinhamento horizontal e vertical e plataforma). Isto permite a geração de um novo "elemento", que constituirá o modelo da via em si – denominado “Corredor”.

Com o corredor criado, foi possível desenvolver a superfície de projeto para uma visualização tridimensional das vias (Figura 25). Após a conclusão da modelagem, foi feita uma superfície representando o topo da via e abrangendo todos os seus componentes. Também foi definida a criação de um atalho de dados, seguindo o mesmo procedimento empregado na superfície do terreno. A finalidade deste processo foi estabelecer uma referência entre o Projeto Geométrico e as demais áreas que utilizarão a modelagem como base. Tal processo permite a notificação e a atualização automática no caso de qualquer modificação na modelagem, vide exemplo na Figura 26.

**Figura 25 - Visualização da superfície de projeto em 3D**



**Figura 26 - Aviso de alteração no projeto de geometria e terraplenagem**

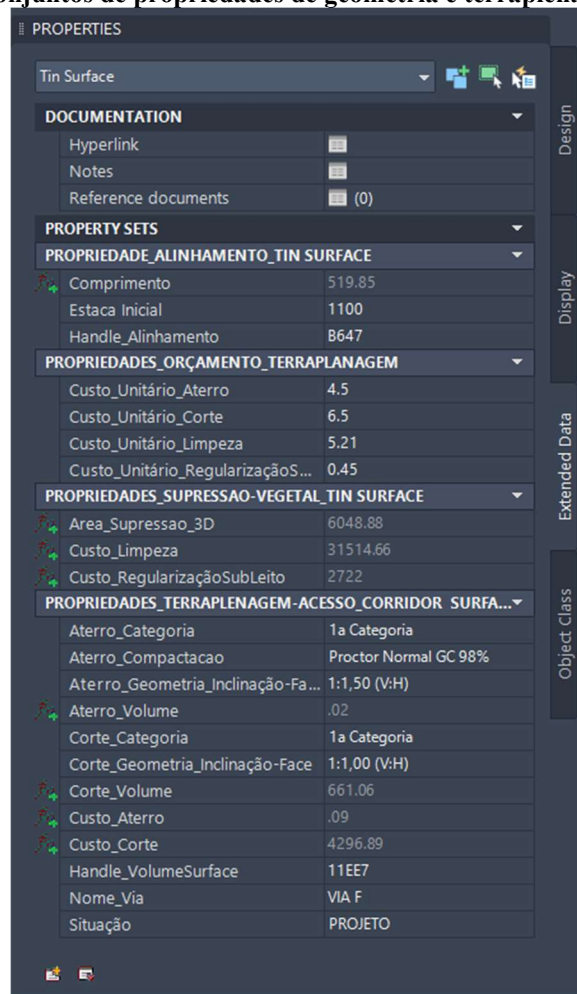


### 3.3.2 Projeto de Terraplenagem

Quanto a elaboração do Projeto de Terraplenagem, foi criada uma superfície para comparação entre o terreno natural e a superfície de base do corredor (*Datum*), a qual representa a interface entre o projeto do corredor e o terreno existente. A comparação em questão permite visualizar e quantificar com precisão as quantidades (ou volumes) de corte e aterro necessárias no projeto.

Após a conclusão da modelagem, foram definidos conjuntos de propriedades (*Property Sets*) para cada tipo de objeto no *Civil 3D*. Esses conjuntos podem conter informações extraídas diretamente de um objeto específico. Também é possível inserir manualmente dados como custos unitários e códigos. Uma vez definidos, os conjuntos ficam visíveis na aba de propriedades dos objetos, conforme exemplificado na Figura 27. As informações atribuídas aos modelos de geometria, terraplenagem e pavimentação estão detalhadas na Tabela 2.

Figura 27 – Conjuntos de propriedades de geometria e terraplenagem no *Civil 3D*



<b>Tabela 2 – Informações sobre geometria, terraplenagem, supressão vegetal e pavimentação</b>	
<b>Fase</b>	<b>Informação</b>
Geometria	Nome_Via: Denominação da via; Aterro_Geometria_Inclinação-Face: Inclinação do talude de face do aterro; Corte_Geometria_Inclinação-Face: Inclinação do talude de face do corte; Situação: A beneficiar ou projetada;
Terraplenagem	Aterro_Categoria: Categoria do material de aterro; Aterro_Volume: Volume de material do aterro, em metros cúbicos; Corte_Categoria: Categoria do material de corte; Corte_Volume: Volume de material do corte, em metros cúbicos; Custo_Unitário_Corte: Custo unitário de escavação; Custo_Unitário_Aterro: Custo unitário de aterro; Custo_Total_Corte: Custo total relaciona o custo unitário com o volume de corte; Custo_Total_Aterro: Custo total que relaciona o custo unitário com o volume de aterro;
Supressão Vegetal	Área_Supressão_Vegetal Custo_Unitário_Supressão_Vegetal: Custo unitário do serviço de supressão vegetal. Custo_Unitário_Regularização_SubLeito: Custo unitário da regularização do subleito Custo_Total_Supressão_Vegetal: Custo total da supressão vegetal Custo_Total_Regularização_SubLeito: Custo total da regularização do subleito.
Pavimentação	Material: Tipo de material da camada de pavimentação; Volume: Volume de material da camada, em metros cúbicos. Compactação: Tipo de compactação da camada de pavimentação; Nome_Via: Denominação da via Custo_Unitário: Custo unitário do material; Custo_Total: Custo total que relaciona o custo unitário com o volume de material

### 3.3.3 Projeto de Drenagem

Para a modelagem do sistema de drenagem, optou-se pela utilização do *plugin Sólidos* do *software Autodesk Civil 3D*, desenvolvido pela TBN2NET do Engenheiro Civil Neyton Luiz Dalle Molle. A escolha se deve à presença de catálogos de dispositivos paramétricos, que têm condições de atribuir propriedades completas aos dispositivos e com todas as informações necessárias. Isto permite a extração de quantitativos, a elaboração de memórias de cálculo e notas personalizadas de serviço, além da facilidade da utilização de uma licença estudantil (Dalle Molle, 2024).

O dimensionamento das redes de drenagem é realizado utilizando o método racional para bacias de contribuição com áreas menores que 2 km<sup>2</sup> e o racional modificado para áreas de contribuição de até 10 km<sup>2</sup>. Quanto ao dimensionamento dos bueiros, podem ser

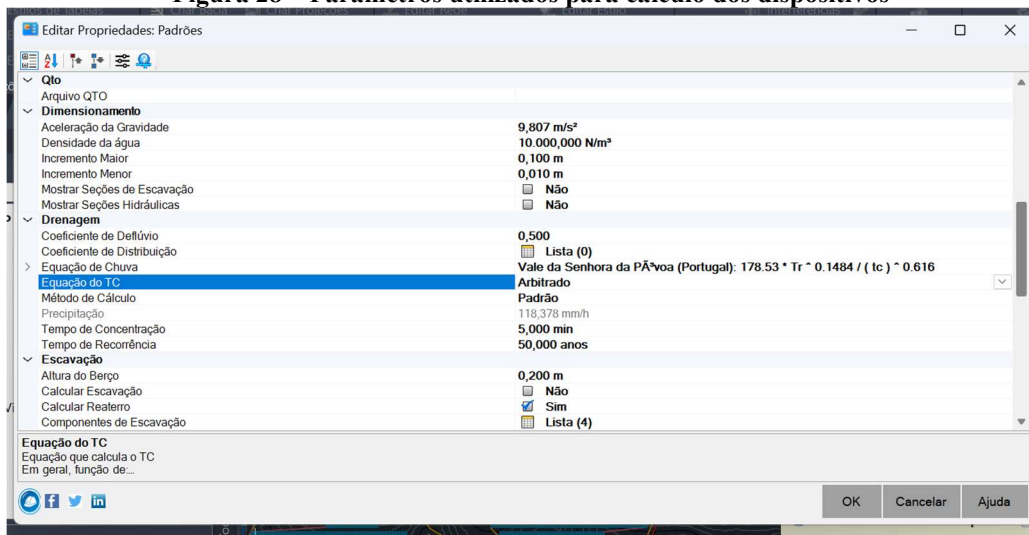
empregados diversos métodos como canal, orifício e vertedouros com controle de entrada e saída (Dalle Molle, 2024).

Para dar início ao processo de modelagem, foi necessário criar uma referência (*Data Shortcut*) do arquivo que contém a superfície do terreno. A modelagem da geometria foi então inserida em um novo arquivo, no qual foram desenvolvidas exclusivamente as redes de drenagem. Em seguida, foram configurados os parâmetros hidrológicos da área de implantação da central fotovoltaica no *plugin* Sólidos. Tal como ilustrado na Figura 28, foram estabelecidos valores para o coeficiente de deflúvio (0,5), o tempo de concentração (5 min), o tempo de recorrência (50 anos) e a equação da chuva – ver Equação (1). Tais parâmetros foram retirados do Estudo Hidrológico disponibilizado pela Sistene Engenharia.

$$I = KT^m / t^n \quad (1)$$

Sendo  $I$  a intensidade da chuva (mm/h),  $t$  a duração da chuva (min),  $T$  o tempo de retorno (anos) e  $K$ ,  $m$  e  $n$  os parâmetros de ajuste. Neste caso, os valores são iguais a  $K = 178,53$ ;  $m = 0,1484$  e  $n = 0,616$ .

Figura 28 – Parâmetros utilizados para cálculo dos dispositivos



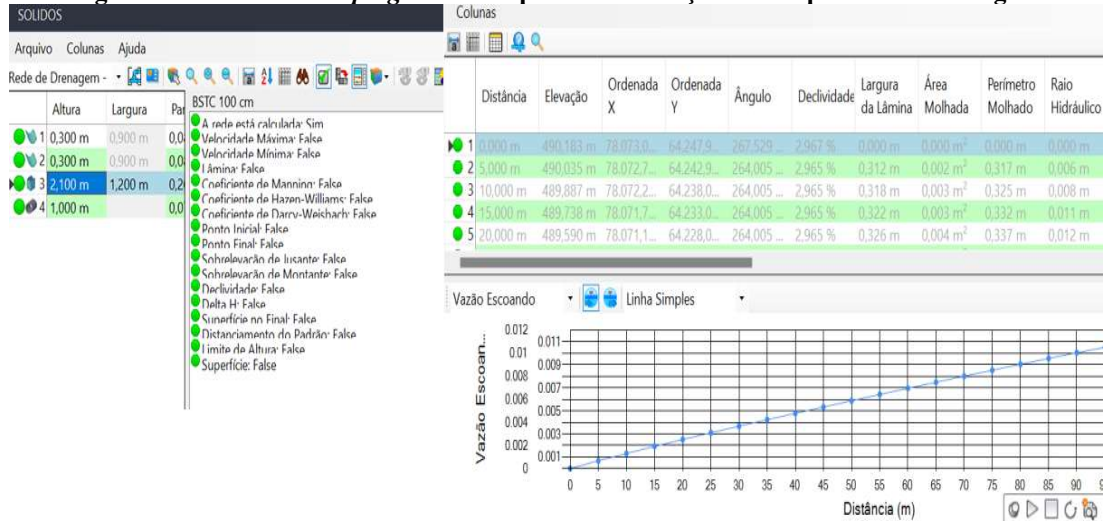
Com o auxílio da ferramenta Pingo D'água (*Water Drop*), que simula o caminho que a água percorre na superfície, foram estudados os locais que apresentaram necessidade da

implantação de dispositivos de drenagem para proteção dos acessos. Após a definição dos locais onde as valetas serão implantadas, foi necessário criar alinhamentos e traçar o perfil longitudinal, definindo assim a declividade do dispositivo e a delimitação das áreas de contribuição para cada dispositivo longitudinal. Foram adotadas inclinações mínimas de 0,5% para evitar fenômenos de assoreamento, tendo em vista que inclinações muito reduzidas diminuem a capacidade de autolimpeza dos órgãos de drenagem e favorecem a acumulação de detritos.

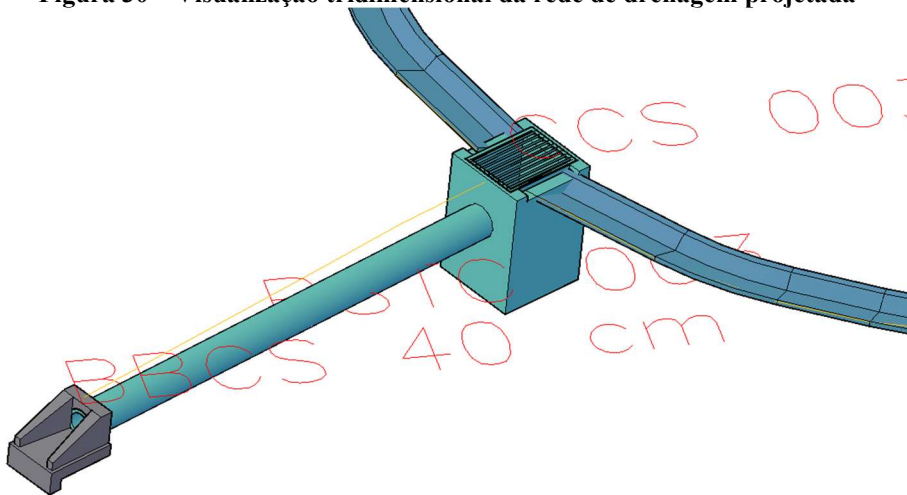
A modelagem dos dispositivos no *software* teve início com a criação de uma rede de drenagem. Na sequência, os dispositivos foram adicionados. O *plugin* oferece uma variedade de dispositivos pré-definidos e parametricamente modelados para facilitar a inclusão de elementos como valetas, tubos, caixas coletoras e dissipadores. Os parâmetros geométricos desses dispositivos podem ser ajustados conforme as necessidades do projeto. As regras de cálculo para cada dispositivo puderam então ser criadas. As valetas, tubos, caixas coletoras e dissipadores requerem regras específicas para garantir o desempenho hidráulico adequado. No caso das valetas e bueiros, foram definidas as seguintes regras de verificação: lâmina máxima de escoamento em valetas = 80%; velocidade máxima de escoamento = 4,5 m/s; velocidade mínima de escoamento = 1,0 m/s; lâmina máxima no tubo = 85% e diâmetro mínimo dos tubos = 0,4 m.

Tendo finalizada a escolha dos dispositivos, as seções hidráulicas pré-definidas são calculadas e verificadas em relação às regras anteriormente estabelecidas. O programa alerta automaticamente sobre o descumprimento de qualquer regra, indicando um aviso vermelho junto aos parâmetros calculados – além da não verificação hidráulica do dispositivo. A interação contínua permite que o projetista ajuste as seções ou parâmetros, recebendo considerações instantâneas na forma de alteração de cores do aviso. Quando todos os requisitos são atendidos, a cor verde aparece na tela (Figura 29). Esta funcionalidade possibilita tomada rápida de decisão nos casos em que a estrutura escolhida está subdimensionada ou superdimensionada. A Figura 30 mostra uma visualização tridimensional destes dispositivos.

**Figura 29 – Interface do *plugin* Sólidos para a verificação dos requisitos de drenagem**

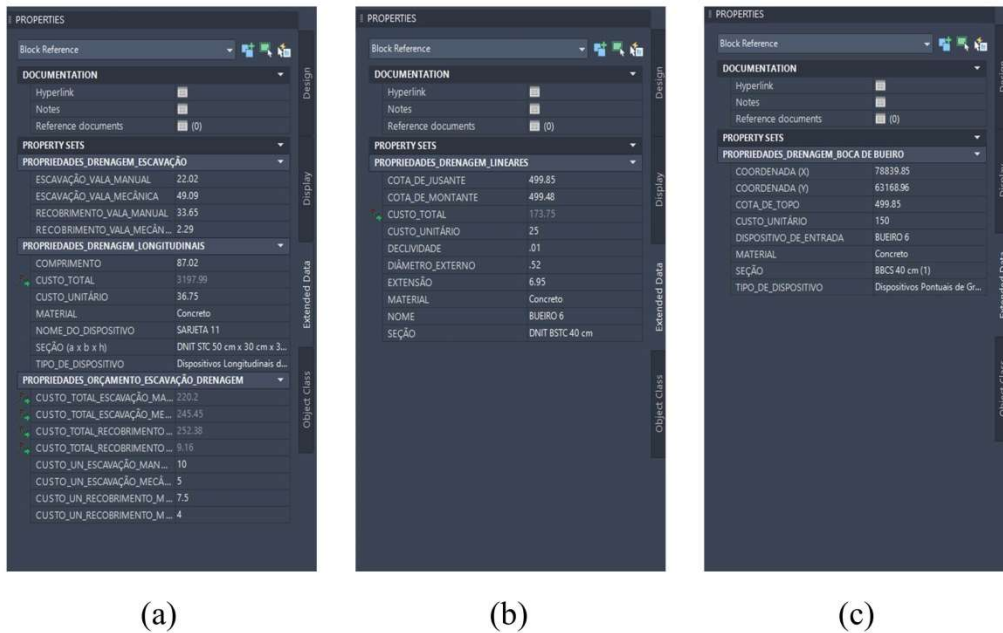


**Figura 30 – Visualização tridimensional da rede de drenagem projetada**



As informações atribuídas ao modelo de drenagem são apresentadas na Tabela 3, e sua visualização no *software* é ilustrada na Figura 31. Da mesma forma que no caso da modelagem da geometria, estes dados são gerados automaticamente. A exceção está nos custos unitários, que precisam ser inseridos manualmente devido à sua variação constante e por não fazerem parte dos elementos do modelo.

**Figura 31– Conjuntos de propriedades relacionadas aos dispositivos de drenagem no Civil 3D: (a) Longitudinais; (b) Lineares; e (c) Pontuais**



**Tabela 3 – Informações do modelo de drenagem**

Fase	Informação
Drenagem Longitudinal	<p>Nome_Do_Dispositivo: Nome dado ao dispositivo</p> <p>Tipo_Do_Dispositivo: Tipo do dispositivo longitudinal</p> <p>Seção (a x b x h): Seção do dispositivo, em metros, sendo a o lado menor, b o lado maior e h a altura;</p> <p>Material: Material de execução do dispositivo;</p> <p>Comprimento: Extensão do dispositivo;</p> <p>Custo unitário: Custo unitário, por metro de dispositivo.</p> <p>Custo total: Relaciona o custo unitário com o comprimento do dispositivo.</p>
Dispositivos Pontuais - Boca de Bueiro	<p>Coordenada (X): Coordenada em X do centro do dispositivo.</p> <p>Coordenada (Y): Coordenada em Y do centro do dispositivo.</p> <p>Tipo_De_Dispositivo: Tipo do dispositivo pontual;</p> <p>Seção: Diâmetro do tubo do bueiro que está conectado;</p> <p>Cota_de_Topo: Cota de topo da implantação do dispositivo;</p> <p>Material: Material de execução do dispositivo;</p> <p>Dispositivo_de_entrada: Seção do dispositivo que está conectado a montante;</p> <p>Custo unitário: Custo unitário do dispositivo.</p>
Dispositivos Pontuais - Caixa Coletora	<p>Coordenada (X): Coordenada em X do centro do dispositivo.</p> <p>Coordenada (Y): Coordenada em Y do centro do dispositivo.</p> <p>Tipo_De_Dispositivo: Tipo do dispositivo pontual;</p> <p>Nome_do_Dispositivo: Nome dado ao dispositivo</p> <p>Seção: Seção do dispositivo, em metros, sendo b o lado menor e L o lado maior;</p> <p>Altura: Altura do dispositivo</p> <p>Cota_de_Topo: Cota de topo da implantação do dispositivo;</p> <p>Material: Material de execução do dispositivo;</p>

<b>Fase</b>	<b>Informação</b>
	Dispositivo_de_saída: Seção do dispositivo que está conectado a jusante; Custo unitário: Custo unitário do dispositivo.
Dispositivos Pontuais - Dissipador	Coordenada (X): Coordenada em X do centro do dispositivo. Coordenada (Y): Coordenada em Y do centro do dispositivo. Tipo_De_Dispositivo: Tipo do dispositivo pontual; Seção_do_Dispositivo: Seção do dispositivo (largura x comprimento) em centímetros; Cota_de_Topo: Cota de topo da implantação do dispositivo; Material: Material de execução do dispositivo; Dispositivo_de_entrada: Seção do dispositivo que está conectado a montante; Custo unitário: Custo unitário do dispositivo.
Escavação	Escavação_Vala_Manual: Volume de escavação manual, em metros cúbicos; Escavação_Vala_Mecânica: Volume de escavação mecânica, em metros cúbicos; Recobrimento_Manual: Volume de recobrimento manual, em metros cúbicos; Recobrimento_Mecânico: Volume de recobrimento mecânico, em metros cúbicos;
Orçamento	Custo_Un_Escavação_Manual: Custo unitário da escavação manual; Custo_Total_Escavação_Mecânica: Relaciona o custo unitário com o volume de escavação manual; Custo_Un_Escavação_Mecânica: Custo unitário da escavação mecânica; Custo_Total_Escavação_Mecânica: Relaciona o custo unitário com o volume de escavação mecânica; Custo_Un_Recobrimento_Manual: Custo unitário do recobrimento manual; Custo_Total_Recobrimento_Manual: Relaciona o custo unitário com o volume de recobrimento manual; Custo_Un_Recobrimento_Mecânico: Custo unitário do recobrimento mecânico; Custo_Total_Recobrimento_Mecânico: Relaciona o custo unitário com o volume de recobrimento mecânico.

### 3.3.4 Planejamento da Obra

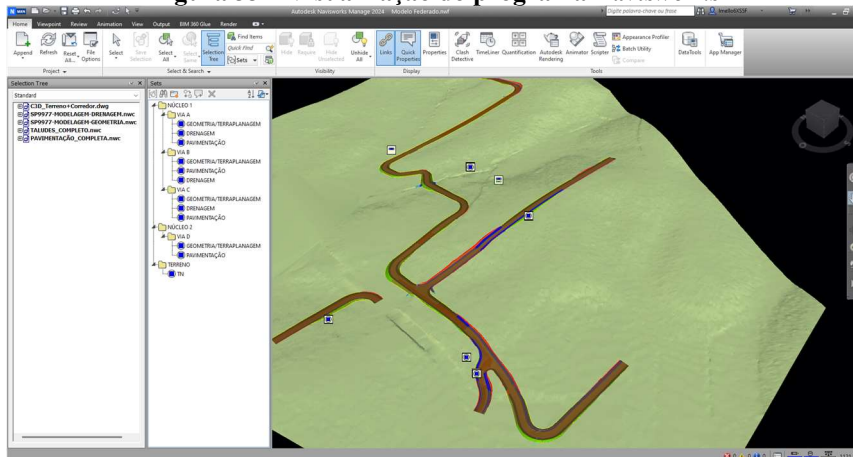
Quanto ao Planejamento da Obra, foi utilizado o *software Navisworks* para a extração dos quantitativos e elaboração do cronograma. Inicialmente, os modelos de geometria, terraplenagem, pavimentação e drenagem foram exportados para arquivos de cache (.nwc). Esse formato permite a transferência da geometria dos objetos e dos metadados associados (Autodesk Support, 2024). Vale ressaltar que, para garantir um bom desempenho operacional do *software*, é importante que o computador utilizado pelo projetista atenda aos requisitos operacionais mínimos do programa.

Após esta exportação, basta selecionar o conjunto de propriedades de um determinado elemento para visualizá-las na tela do programa, conforme exemplo da Figura 32. Os objetos exportados foram então agrupados inicialmente por arquivo e, na sequência, por *layers* associados aos elementos do programa de modelagem. Cabe destacar que, para fins de uma melhor organização, os objetos podem também ser agrupados em conjuntos (*Sets*). Em termos deste projeto, optou-se pelo agrupamento por núcleos e vias (Figura 33).

**Figura 32 – Exemplo de exportação das propriedades de drenagem longitudinais**



**Figura 33 – Visualização do programa Navisworks**



Para fins de criação de uma lista de materiais com as respectivas quantidades necessárias à construção dos acessos, foi utilizada a ferramenta de quantificação (*Quantification*). As respectivas descrições foram correlacionadas com os objetos modelados no programa. Nos casos em que o item não estava modelado (áreas de desmatamento e limpeza, por exemplo), foi possível associá-lo a uma propriedade específica previamente atribuída na superfície do projeto. A interface da lista de materiais é mostrada na Figura 34.

**Figura 34 – Interface do programa com a lista de materiais**

Status	WBS	Name	Area	Volume	Weight	Count
1.1.1.1		MOVIMENTAÇÃO DE TERRA				
1.1.1.1.1		Desmatamento, destocamento, l...	8.268,209 m <sup>2</sup>	0,000 m <sup>3</sup>	0,000 kg	0,000 ea
1.1.1.1.2		Regularização do subleito	8.268,209 m <sup>2</sup>	0,000 m <sup>3</sup>	0,000 kg	0,000 ea
1.1.1.1.3		Escavação, carga e transporte de...	0,000 m <sup>2</sup>	844,256 m <sup>3</sup>	0,000 kg	0,000 ea
1.1.1.1.4		Compactação de aterros a 98% d...	0,000 m <sup>2</sup>	2.843,658 m <sup>3</sup>	0,000 kg	0,000 ea

Status	WBS	Object	Description1	Length	Area	Volume	Count
1.1.1.1.1.1		VIA A - PROJETO DATUM	VIA A	0,000	2.508,855 m <sup>2</sup>	0,000 m <sup>3</sup>	0,000 ea
1.1.1.1.1.2		VIA A (2) - PROJETO DA...	VIA A (2)	0,000	5.759,354 m <sup>2</sup>	0,000 m <sup>3</sup>	0,000 ea
1.1.1.1.2.1		VIA A - PROJETO DATUM	VIA A	0,000 m	2.508,855 m <sup>2</sup>	0,000 m <sup>3</sup>	0,000 ea
1.1.1.1.2.2		VIA A (2) - PROJETO DA...	VIA A (2)	0,000 m	5.759,354 m <sup>2</sup>	0,000 m <sup>3</sup>	0,000 ea
1.1.1.1.3.1		VIA A - PROJETO DATUM	VIA A	0,000 m	0,000 m <sup>2</sup>	196,431 m <sup>3</sup>	0,000 ea
1.1.1.1.3.2		VIA A (2) - PROJETO DA...	VIA A (2)	0,000 m	0,000 m <sup>2</sup>	647,824 m <sup>3</sup>	0,000 ea
1.1.1.1.4.1		VIA A - PROJETO DATUM	VIA A	0,000 m	0,000 m <sup>2</sup>	735,199 m <sup>3</sup>	0,000 ea
1.1.1.1.4.2		VIA A (2) - PROJETO DA...	VIA A (2)	0,000 m	0,000 m <sup>2</sup>	2.108,459 m <sup>3</sup>	0,000 ea

Em relação ao cronograma de execução da obra, foi utilizada a ferramenta do *Navisworks* denominada Linha do Tempo (*TimeLiner*). O tempo previsto para cada atividade foi definido com base nas produtividades das tarefas, conforme cálculos prévios feitos por Brandão (2000) e resumidos na Tabela 4. As durações das atividades envolvidas na construção do acesso da Central Fotovoltaica são resumidas na Tabela 5.

**Tabela 4 – Rendimentos diários de algumas atividades**

Fase	Tarefa	Un.	Rendimento Diário
Movimentação de Terra	Desmatamento	m <sup>2</sup>	8000
	Limpeza	m <sup>2</sup>	1000
Acesso	Aterro	m <sup>3</sup>	1500
	Corte	m <sup>3</sup>	2000
Pavimentação	ABGE	m <sup>3</sup>	600
	Gravilha	m <sup>3</sup>	1200
Drenagem	Transversal	m	10
	Longitudinal	m	100

**Fonte: Adaptado de Brandão (2000)**

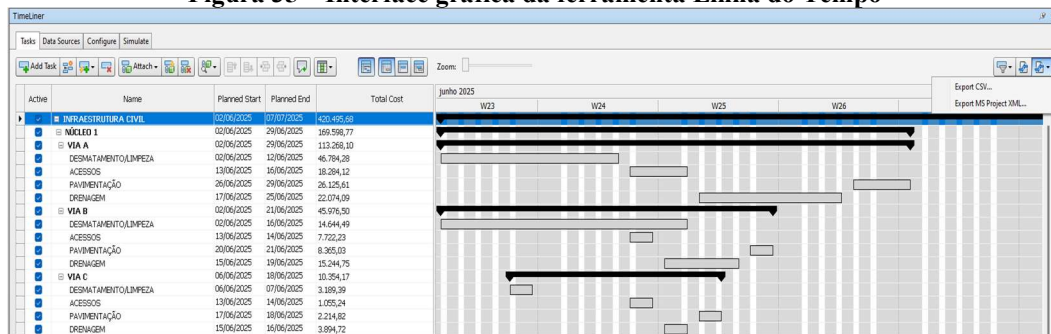
**Tabela 5 – Durações das atividades na construção dos acessos rodoviários**

<b>ITEM</b>	<b>LOCAL</b>	<b>DURAÇÃO (DIAS)</b>
<b>1</b>	<b>NÚCLEO 1</b>	<b>37</b>
<b>1.1</b>	<b>VIA A</b>	<b>24</b>
1.1.1	Movimentação de Terra	10
1.1.2	Acesso	3
1.1.3	Pavimentação	3
1.1.4	Drenagem	8
<b>1.2</b>	<b>VIA B</b>	<b>9</b>
1.2.1	Movimentação de Terra	3
1.2.2	Acesso	1
1.2.3	Pavimentação	1
1.2.4	Drenagem	4
<b>1.3</b>	<b>VIA C</b>	<b>4</b>
1.3.1	Movimentação de Terra	1
1.3.2	Acesso	1
1.3.3	Pavimentação	1
1.3.4	Drenagem	1
<b>2</b>	<b>NÚCLEO 2</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>VIA D</b>	<b>3</b>
2.1.1	Movimentação de Terra	1
2.1.2	Acesso	1
2.1.3	Pavimentação	1
2.1.4	Drenagem	-
<b>3</b>	<b>NÚCLEO 3</b>	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>VIA E</b>	<b>24</b>
3.1.1	Movimentação de Terra	10
3.1.2	Acesso	6
3.1.3	Pavimentação	2
3.1.4	Drenagem	6
<b>3.2</b>	<b>VIA F</b>	<b>14</b>
3.2.1	Movimentação de Terra	7
3.2.2	Acesso	1
3.2.3	Pavimentação	2
3.2.4	Drenagem	4
<b>4</b>	<b>NÚCLEO 4</b>	<b>6</b>
<b>4.1</b>	<b>VIA G</b>	<b>6</b>
4.1.1	Movimentação de Terra	4
4.1.2	Acesso	1
4.1.3	Pavimentação	1
4.1.4	Drenagem	-

Ao final, foi possível vincular cada uma das atividades do cronograma aos elementos do modelo, permitindo a criação de um gráfico de barras com as linhas do tempo. Tal

integração permite visualizar o efeito do cronograma no modelo, além de atribuir valor às atividades para fins de acompanhamento do custo do projeto ao longo do tempo. Além disso, o *TimeLiner* permite a exportação de imagens e animações com base nos resultados de simulações. A interface gráfica dessa funcionalidade é apresentada na Figura 35. Caso haja necessidade, é possível exportar os dados para ferramentas exclusivas de planejamento como o *Microsoft Project* (Microsoft, 2024).

Figura 35 – Interface gráfica da ferramenta Linha do Tempo



É importante ressaltar que, sempre que houver uma atualização em algum modelo e for feita a exportação para o arquivo de cache (.nwc), o modelo federado, que consiste no conjunto de modelos BIM de diferentes especialidades, será atualizado automaticamente, desde que mantidos os padrões de nomenclatura, estrutura e organização dos arquivos originais. Isto elimina a necessidade de retrabalho e garante que todas as modificações sejam incorporadas de forma eficiente e consistente no modelo consolidado.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados da utilização do BIM no desenvolvimento de projetos dos acessos viários da Central Fotovoltaica da Senhora da Póvoa, localizada no distrito de Castelo Branco, em Portugal. Para melhor entendimento, o capítulo foi dividido em quatro seções: (i) Análise dos projetos, (ii) Informações Apresentadas, (iii) Lista de Materiais e Levantamento de Custos e (iv) Planejamento da Obra.

### 4.1 Análise dos projetos

#### 4.1.1 Projeto Geométrico

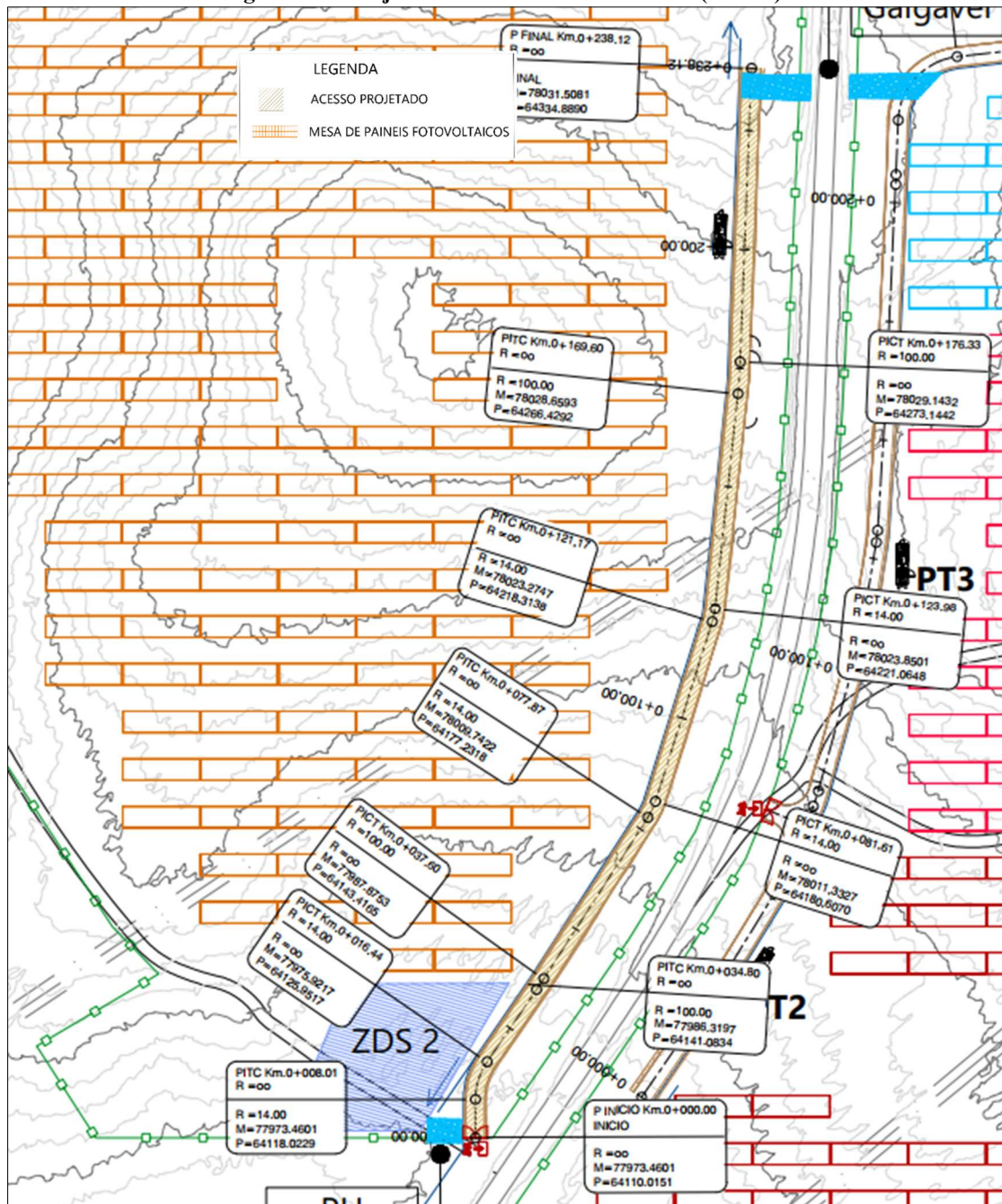
Neste subtópico, é apresentada uma análise comparativa entre o projeto geométrico revisado utilizando a metodologia BIM e o projeto utilizado como base, ambos realizados no software Civil 3D. Embora os projetos tenham sido elaborados na mesma plataforma, há diferenças relevantes na abordagem e nos resultados obtidos.

Para a comparação entre os projetos, foi selecionado um trecho de via de cada versão, aplicando-se o mesmo padrão de análise aos demais trechos. É importante destacar que, devido às alterações no layout dos acessos, não foi possível realizar a comparação utilizando exatamente o mesmo segmento. A Figura 36 e a Figura 37 mostram o projeto de referência em 2D, destacando o layout geral da central fotovoltaica e os elementos geométricos nos pontos notáveis, como coordenadas, raio horizontal e quilometragem. Além disso, o perfil longitudinal exibe informações sobre o greide vertical por estaca, incluindo cotas, parâmetros de curva e inclinação. Por se tratar de um projeto em fase executiva e para facilitar o entendimento em campo, no projeto revisado, ilustrado na Figura 38, Figura 39 e Tabela 6, além das informações já mencionadas, foram adicionados de forma automática, dados sobre trechos em tangentes, quadro de curvas e tabela de locação do eixo, para facilitar o entendimento em campo. O relatório de locação dos eixos completos está apresentado no Apêndice A.

A comparação visual entre os dois projetos revela que o modelo desenvolvido oferece um detalhamento maior das informações geométricas. Também foi constatado que o *template* anterior exigia muitos ajustes manuais nas informações obtidas automaticamente pelo software, para evitar sobreposições e garantir visibilidade, o que aumenta o tempo de edição. Já no projeto revisado, foi criado um *template* focado em uma melhor visualização das informações, otimizando o processo.

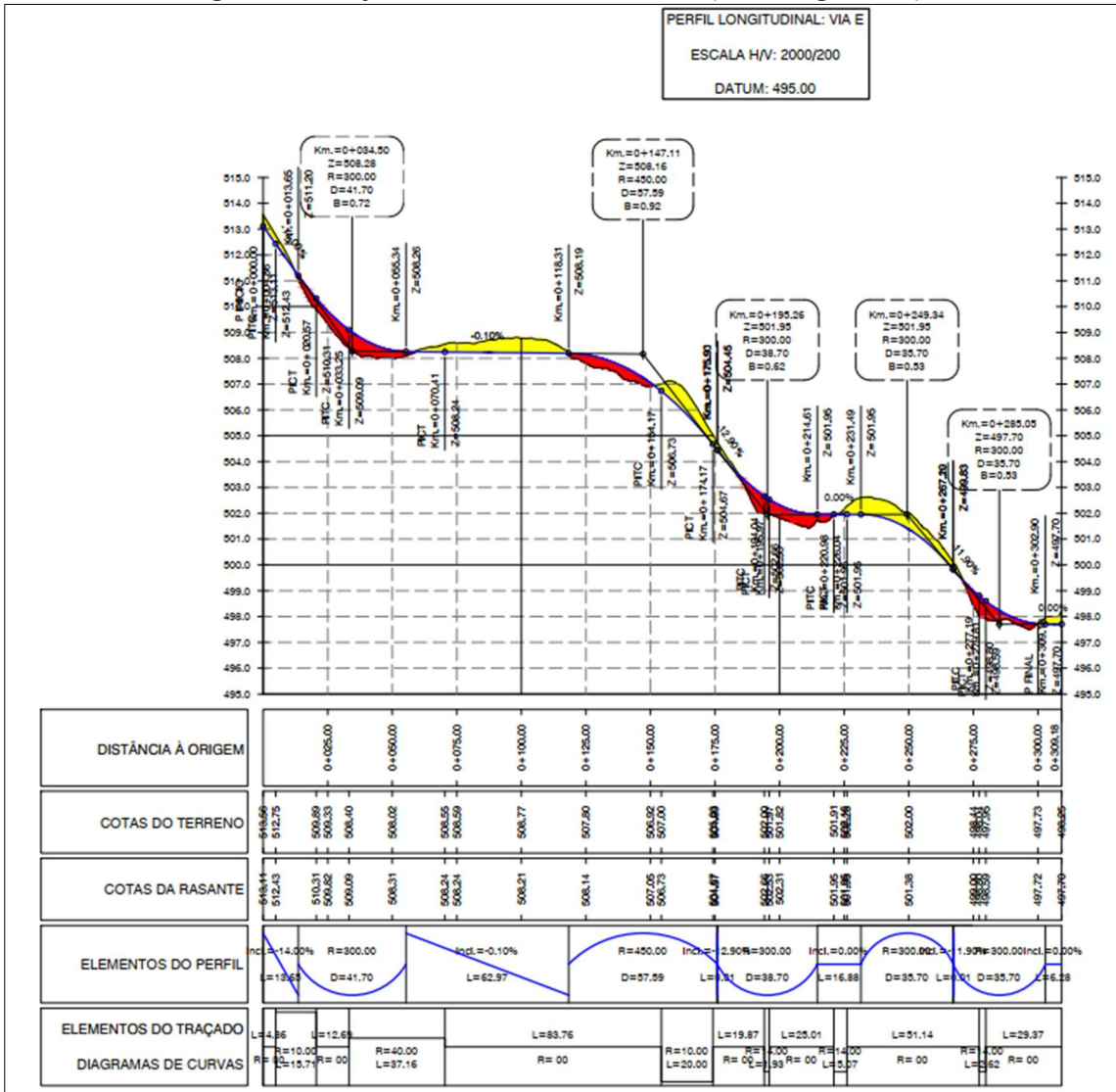
Essa necessidade de ajustes manuais no *template* do projeto de referência, comparada com a automatização otimizada no projeto revisado, alinha-se com a pesquisa de Valente (2024) que destacou a importância de uma estruturação adequada das informações nos projetos BIM e os benefícios diretos, como o controle de qualidade global, otimização de equipes e prazos de entrega.

Figura 36 – Projeto Geométrico de Referência (Planta)



Fonte: Sistene Engenharia

Figura 37 – Projeto Geométrico de Referência (Perfil Longitudinal)



Fonte: Sistene Engenharia

Figura 38 – Projeto Geométrico Desenvolvido (Planta)

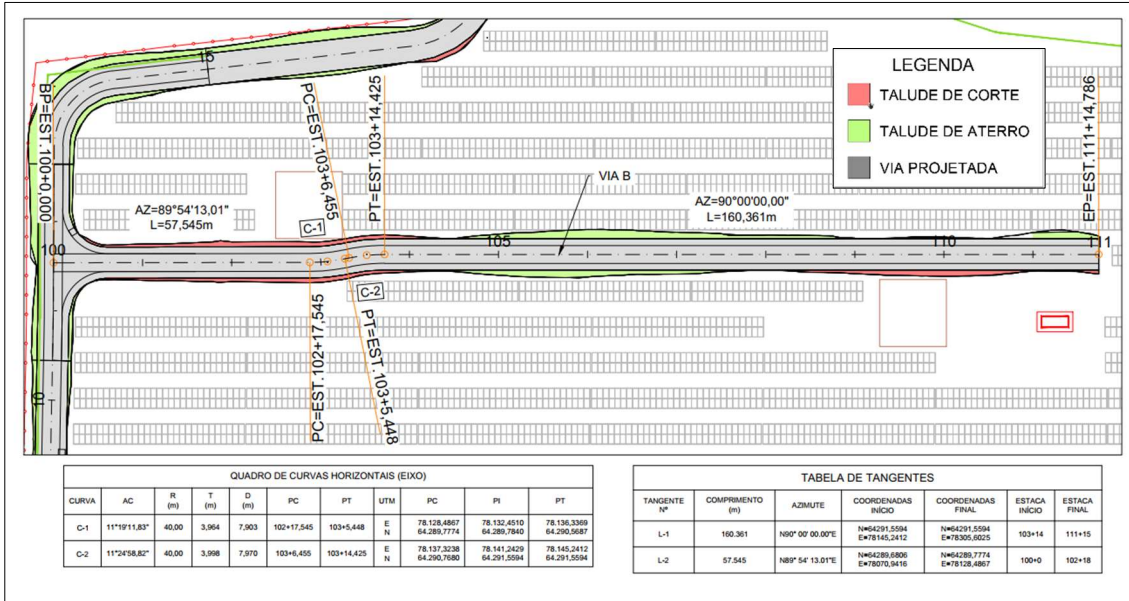
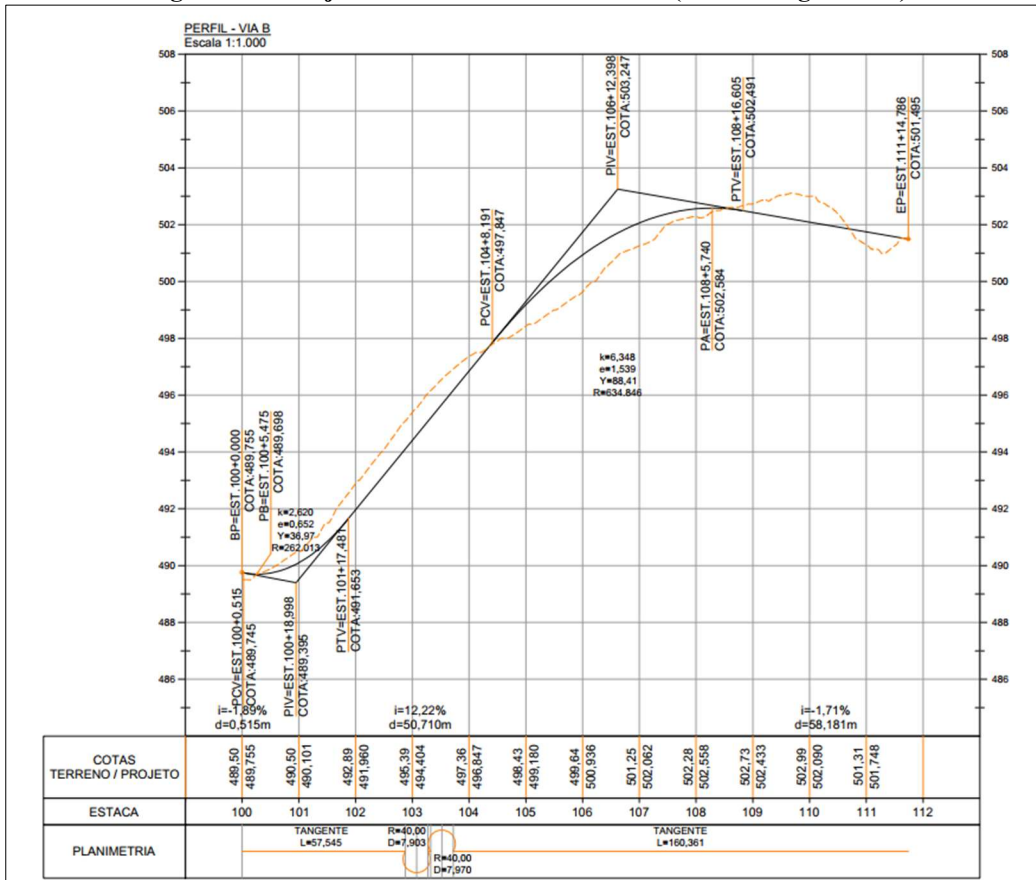


Figura 39 – Projeto Geométrico Desenvolvido (Perfil Longitudinal)



**Tabela 6 – Locação do Eixo da Via B**

<b>Estaca</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Cota</b>
100+0,000	64289,6806	78070,9416	489,7550
101+0,000	64289,7142	78090,9416	490,1005
102+0,000	64289,7479	78110,9416	491,9605
102+17,545 PC	64289,7774	78128,4867	494,1037
103+0,000	64289,8568	78130,9399	494,4036
103+5,448 PT	64290,5687	78136,3369	495,0691
103+6,455 PC	64290,7680	78137,3238	495,1921
103+14,425 PT	64291,5594	78145,2412	496,1656
104+0,000	64291,5594	78150,8163	496,8467
105+0,000	64291,5594	78170,8163	499,1799
106+0,000	64291,5594	78190,8163	500,9360
107+0,000	64291,5594	78210,8163	502,0619
108+0,000	64291,5594	78230,8163	502,5578
109+0,000	64291,5594	78250,8163	502,4327
110+0,000	64291,5594	78270,8163	502,0904
111+0,000	64291,5594	78290,8163	501,7481
111+14,786	64291,5594	78305,6025	501,4951

#### 4.1.2 Projeto de Terraplenagem

Assim como no item anterior, foram comparadas as informações referentes ao projeto de terraplenagem em ambas as versões. No projeto de referência, a única informação disponível era com relação aos volumes totais de corte e aterro para cada via de acesso, obtidos através da comparação entre as superfícies do terreno natural e do projeto, conforme apresentado na Tabela 7. Embora ofereça uma visão geral importante dos volumes necessários, ela é limitada no que diz respeito ao controle detalhado e à distribuição dos materiais resultantes, como bota-fora ou empréstimo.

**Tabela 7 – Volumes Totais do Projeto de Referência**

Via	Fator de Corte	Fator de Aterro	Área (m <sup>2</sup> )	Corte (m <sup>3</sup> )	Aterro (m <sup>3</sup> )	Saldo (m <sup>3</sup> )
VIA A	1,10	1,10	5872,08	1375,73	1282,94	92,79 <Corte>
VIA B	1,10	1,10	1049,59	193,71	9,09	184,62 <Corte>
VIA C	1,10	1,10	1677,35	170,38	237,85	67,46 <Aterro>
VIA D	1,10	1,10	6584,66	2592,55	1879,55	713,00 <Corte>
VIA E	1,10	1,10	1633,96	655,22	142,26	512,96 <Corte>
VIA F	1,10	1,10	1898,26	351,08	76,28	274,80 <Corte>
TOTAL	-	-	18715,914	5338,709	3627,992	1710,71 <Corte>

Fonte: Sistene Engenharia

No projeto revisado, foi adotada uma abordagem mais detalhada. Além da revisão da tabela geral de volumes, apresentada na Tabela 8, foram extraídos os volumes de corte e aterro por estaca, conforme mostrado na Tabela 9, possibilitando uma análise precisa ao longo de todo o traçado, facilitando a gestão dos volumes de terra e a implementação de um plano de distribuição de materiais mais eficiente.

Adicionalmente, o diagrama de massas, ilustrado na Figura 40, foi gerado automaticamente pelo software. Este diagrama é uma ferramenta essencial para o planejamento da terraplenagem, pois fornece uma visualização clara das áreas de corte e aterro, permitindo identificar pontos críticos para a movimentação de terra e otimizar os processos de transporte e alocação de materiais. Brandão (2014) destaca que essa metodologia proporciona um ganho de produtividade, pois o programa realiza automaticamente esses cálculos com base nos dados topográficos previamente inseridos no modelo.

Vale ressaltar que tanto o relatório de volumes por estacas quanto o diagrama de massas apresentados referem-se apenas a uma das vias do projeto, porém, esse processo foi

realizado de forma equivalente para todas as outras vias, conforme apresentado no Apêndice B e C, respectivamente.

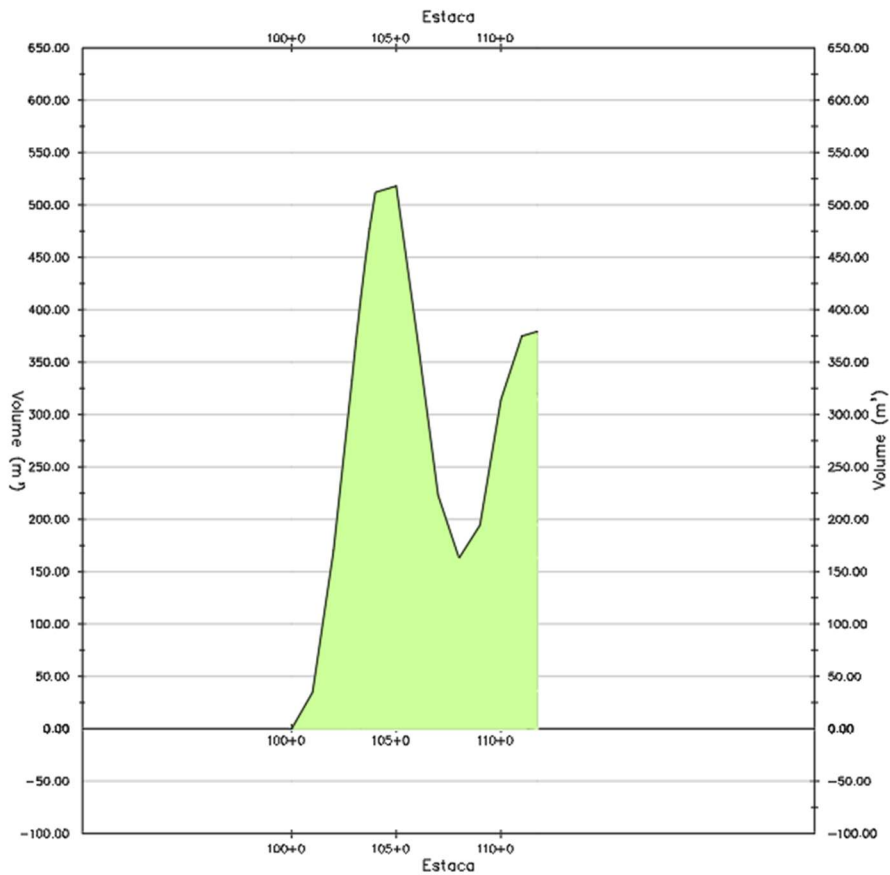
**Tabela 8 - Volumes Totais**

Via	Fator de Corte	Fator de Aterro	Área (m <sup>2</sup> )	Corte (m <sup>3</sup> )	Aterro (m <sup>3</sup> )	Saldo (m <sup>3</sup> )
VIA A	1,10	1,10	2189,57	196,43	735,20	2079,64 <Aterro>
VIA B	1,10	1,10	2218,78	876,68	497,45	379,23 <Corte>
VIA C	1,10	1,10	471,24	155,24	10,27	121,38 <Corte>
VIA D	1,10	1,10	760,64	43,73	445,54	413,68 <Aterro>
VIA E	1,10	1,10	6580,25	3830,30	5146,34	1000,95 <Aterro>
VIA F	1,10	1,10	5201,14	1182,63	2682,07	1612,92 <Aterro>
VIA G	1,10	1,10	2600,48	119,49	430,36	290,47 <Aterro>
TOTAL	-	-	25111,78	7019,3	12055,68	4897,05 <Aterro>

**Tabela 9 - Tabela de Corte e Aterro por Estaca**

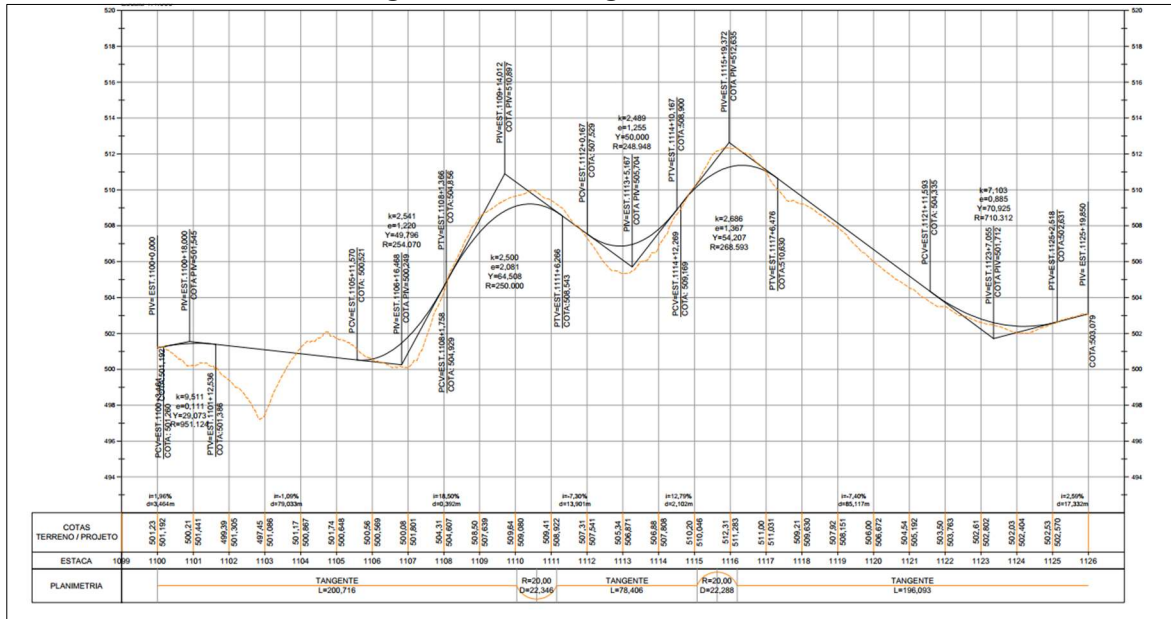
Estaca	Área de Corte (m <sup>2</sup> )	Volume de Corte (m <sup>3</sup> )	Área de Aterro (m <sup>2</sup> )	Volume de Aterro (m <sup>3</sup> )	Volume de Corte Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volume de Aterro Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volume Líquido Acumulado (m <sup>3</sup> )
100+0,000	0,04	0	1,15	0	0	0	0
101+0,000	4,59	-46,32	0	11,49	-46,32	11,49	-34,83
102+0,000	8,91	-135,06	0	0	-181,38	11,5	-169,88
10217,545	9,63	-162,69	0	0	-344,07	11,5	-332,57
103+0,000	9,39	-23,38	0	0	-367,45	11,5	-355,95
103+1,497	9,05	-13,81	0	0	-381,26	11,5	-369,76
103+5,448	8,81	-35,3	0	0	-416,56	11,5	-405,06
103+6,455	8,54	-8,73	0	0	-425,29	11,5	-413,79
10310,44	7,97	-32,93	0	0	-458,22	11,5	-446,72
10314,425	7,3	-30,55	0	0	-488,77	11,5	-477,27
104+0,000	5,17	-34,78	0	0	-523,54	11,5	-512,04
105+0,000	0	-51,71	4,58	45,79	-575,25	57,28	-517,97
106+0,000	0	0	9,8	143,78	-575,25	201,06	-374,19
107+0,000	0	0	5,32	151,23	-575,25	352,29	-222,96
108+0,000	0,26	-2,55	0,93	62,52	-577,81	414,81	-163
109+0,000	3,82	-40,8	0,03	9,55	-618,6	424,35	-194,25
110+0,000	8,18	-120,01	0	0,27	-738,61	424,62	-313,99
111+0,000	0,19	-83,67	2,3	22,95	-822,29	447,58	-374,71
111+14,786	3,2	-25,08	0,49	20,56	-847,36	468,13	-379,23

**Figura 40- Diagrama de massas**  
**DIAGRAMA DE MASSAS: SEÇÕES – VIA B**



É importante destacar que a grande movimentação de terra prevista resulta da localização dos acessos em regiões com terreno bastante acidentado, o que exige a conformação do solo natural para atender aos critérios geométricos estabelecidos. A Figura 41, que ilustra o perfil longitudinal da Via F, exemplifica um dos casos em que o terreno natural (linha laranja) apresenta uma inclinação superior a 19%, além de curvas com pouco desenvolvimento, o que inviabilizaria o tráfego dos veículos operacionais na central fotovoltaica. Além disso, a diferença de volumes entre o projeto de referência e o revisado se deve à realocação dos acessos, que antes estavam em uma área menos irregular.

Figura 41- Perfil Longitudinal Via F

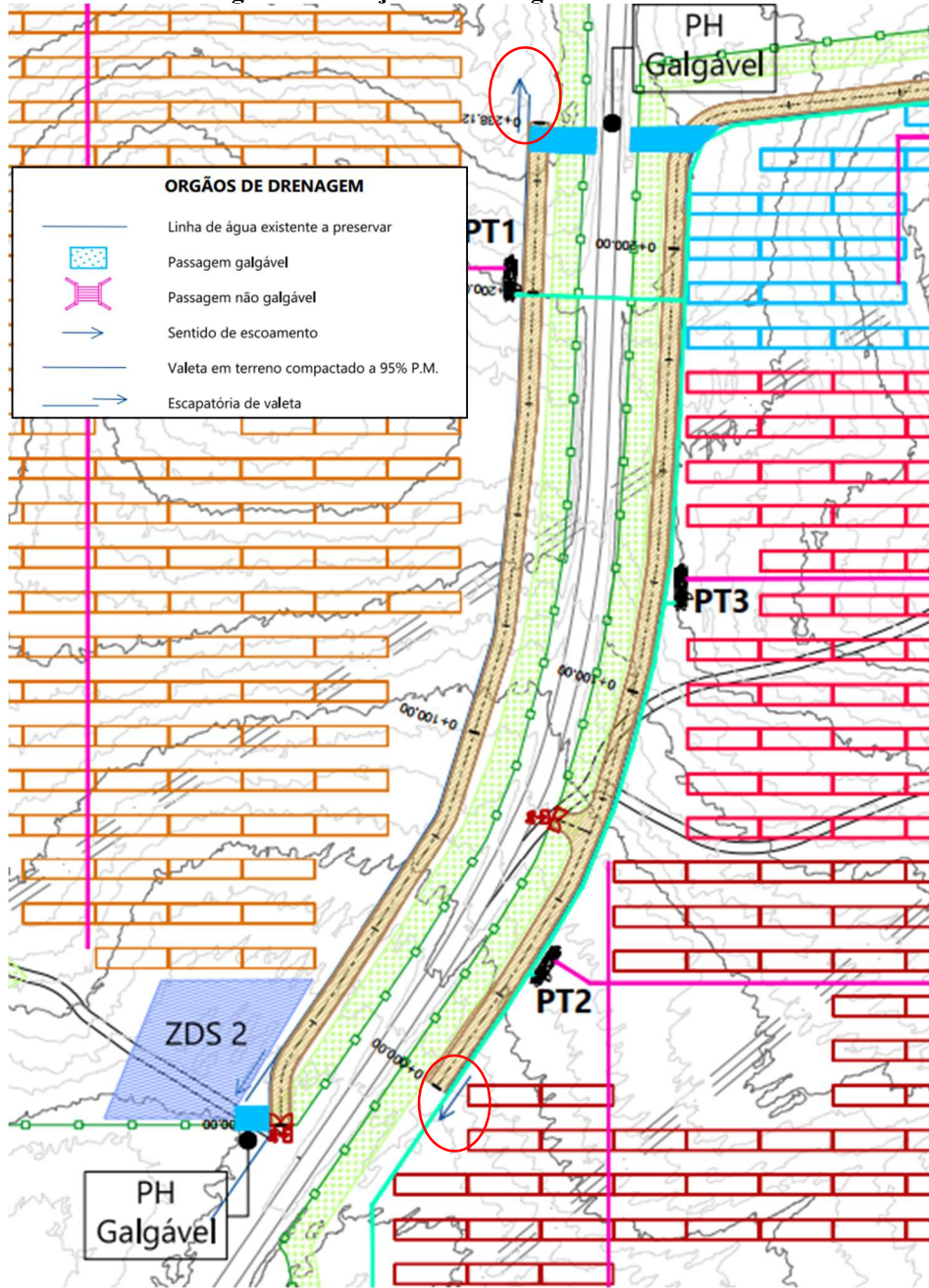


### 4.1.3 Projeto de Drenagem

A análise do projeto de drenagem evidenciou diferenças significativas entre as versões avaliadas. No projeto base, os dispositivos de drenagem são representados por linhas simples, sem levar em conta a geometria real e sem apresentar clareza visual. Essa simplificação pode levar a erros de locação e à não detecção de interferências antes da execução, comprometendo a precisão e a eficiência do projeto.

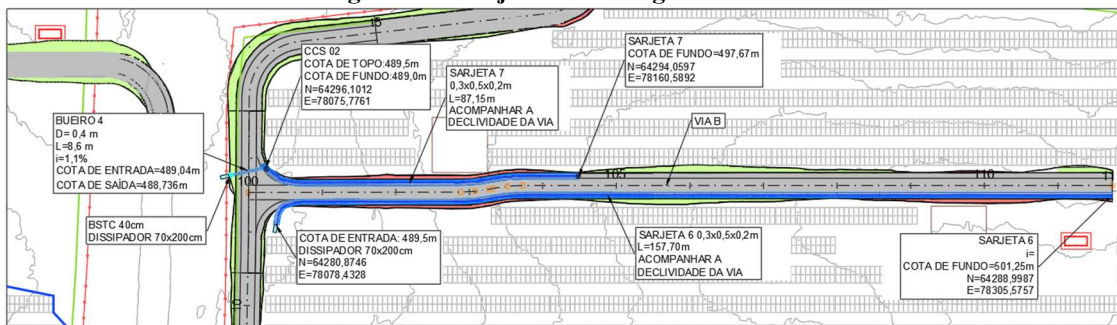
Em contrapartida, o projeto desenvolvido com o *plug-in* Sólidos possibilitou o desenho automático dos dispositivos de drenagem com geometria fiel ao que será construído. A Figura 42 e a Figura 43 mostram comparações visuais entre os dispositivos nos dois projetos, destacando a precisão geométrica alcançada no modelo BIM.

Figura 42 - Projeto de Drenagem de Referência



Fonte: Sistene Engenharia

Figura 43 - Projeto de Drenagem Revisado

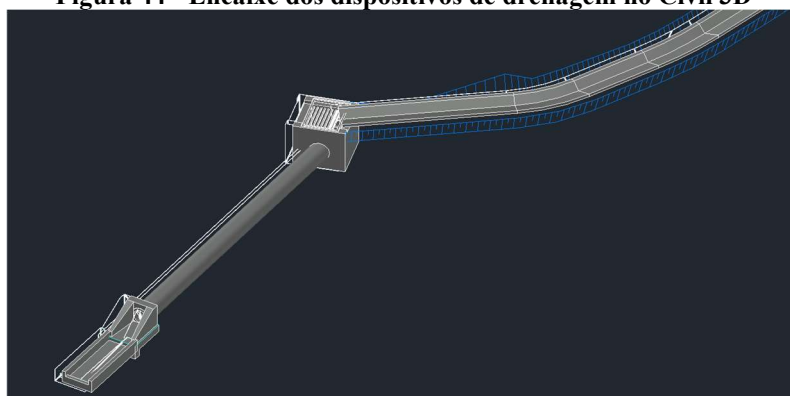


Além da representação gráfica precisa, o uso do Sólidos permitiu a inserção automática de informações críticas, como cota, inclinação e locação dos dispositivos, que são fundamentais para a correta execução em campo. No projeto base, essas informações estão ausentes, limitando-se à indicação do nome do dispositivo e à seção projetada, o que não é suficiente para garantir a precisão necessária durante a obra.

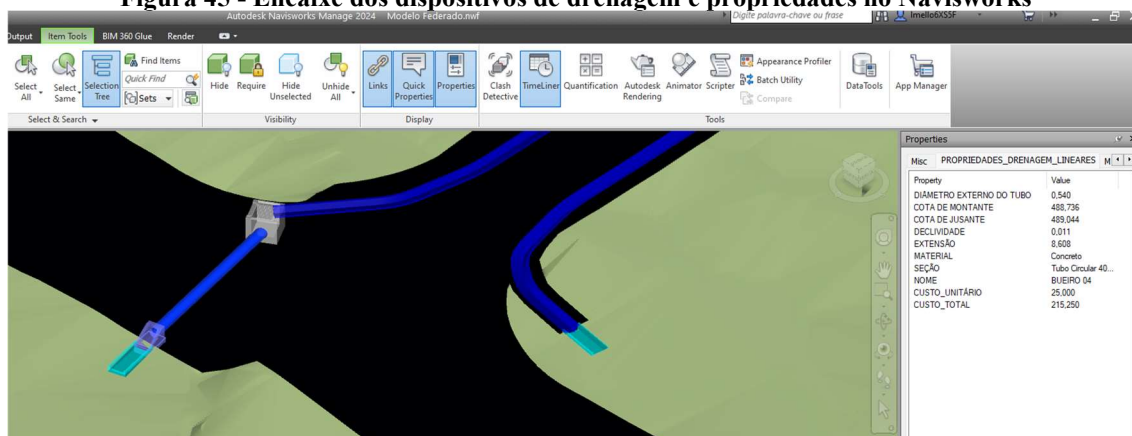
Esse método também permitiu a verificação do encaixe adequado entre os dispositivos e o terreno, conforme demonstrado na Figura 44 e na Figura 45, o que contribuiu significativamente para a redução de erros em campo.

Esse desenvolvimento está em concordância com os estudos de Júnior et al. (2017), Mesquita et al. (2017) e Brandão (2014). Os quais afirmam que a visualização tridimensional proporcionada pelo BIM permite uma compreensão mais clara e precisa do projeto, minimizando riscos de erro na execução e garantindo maior conformidade com as condições reais da obra.

**Figura 44 - Encaixe dos dispositivos de drenagem no Civil 3D**



**Figura 45 - Encaixe dos dispositivos de drenagem e propriedades no Navisworks**



## 4.2 Informações Apresentadas

Com o objetivo de identificar as variáveis e elementos que podem ser visualizados com clareza no modelo BIM, mas que frequentemente não são evidentes ou não são apresentados nas ferramentas convencionais, foi feita uma análise comparativa entre as informações apresentadas no modelo federado BIM e o modelo desenvolvido anteriormente pela projetista, que utilizou as ferramentas convencionais, como softwares CAD e Modelos 3D. Essa análise resultou na Tabela 10 que destaca as informações extraídas automaticamente, aquelas obtidas manualmente e as que não são apresentadas, em ambos os modelos.

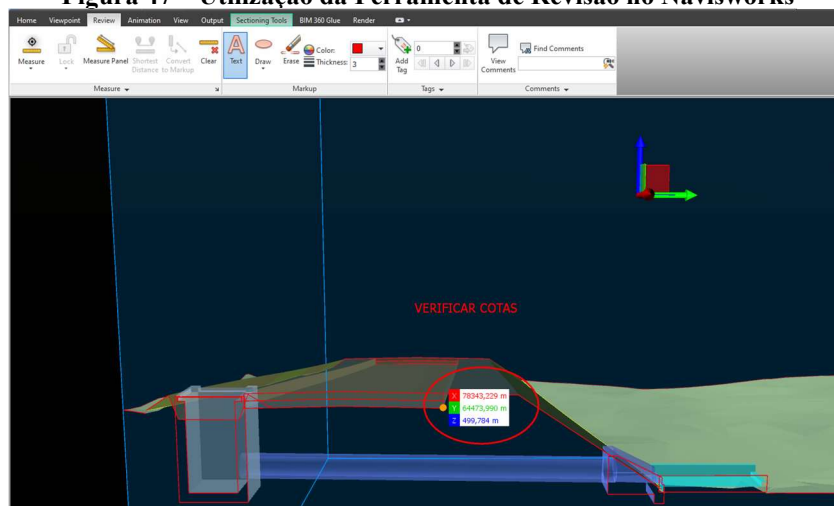
**Tabela 10 – Comparação entre as informações dos modelos**

<b>Fase</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Ferramentas BIM</b>	<b>Ferramentas Convencionais</b>
Geometria	Nome da Via	Automática	Manual
	Aterro - Inclinação da Face	Automática	Não é apresentado
	Corte - Inclinação da Face	Automática	Não é apresentado
	Situação	Automática	Manual
	Parâmetros Geométricos	Automática	Automática
Terraplenagem	Coordenadas (X, Y)	Automática	Automática
	Aterro - Volume	Automática	Não é apresentado
	Corte - Volume	Automática	Não é apresentado
Dispositivos de Drenagem	Nome do Dispositivo	Automática	Manual
	Tipo do Dispositivo	Automática	Manual
	Seção (Dimensões)	Automática	Manual
	Material	Automática	Manual
	Coordenadas (X, Y)	Automática	Não foi indicado, mas pode ser retirado manualmente
	Cota de Topo	Automática	Não apresentado
	Dispositivo de Entrada	Automática	Manual
Dispositivo de Saída	Automática	Manual	
Escavação - Drenagem	Escavação Vala Manual	Automática	Não apresentado
	Escavação Vala Mecânica	Automática	Não apresentado
	Recobrimento Manual	Automática	Não apresentado
	Recobrimento Mecânico	Automática	Não apresentado
Custos	Custo Unitário	Manual	Não apresentado
	Custo Total	Automática	Não apresentado

Conforme ilustrado na Figura 46, a análise comparativa demonstrou que o BIM permitiu a extração automática de 95% das informações apresentadas, reduzindo significativamente a necessidade de intervenções manuais, que ficaram limitadas a 5%. Por outro lado, as ferramentas convencionais se mostraram menos eficazes, com 60% das informações sendo extraídas manualmente, 27% não sendo apresentadas e apenas 13% extraídas automaticamente. Esses dados ressaltam a eficiência e a precisão do BIM,



**Figura 47 – Utilização da Ferramenta de Revisão no Navisworks**



Dessa forma, torna-se evidente que a principal distinção entre o BIM e as ferramentas convencionais está na automatização e na integração dos dados. O BIM permite a extração e atualização automática das informações do projeto, enquanto no CAD/3D muitas dessas informações precisam ser gerenciadas e calculadas manualmente, aumentando a possibilidade de erros e o tempo de trabalho.

### 4.3 Lista de Materiais e Levantamento de Custos

Para identificar os custos por etapa de construção, foi realizado o levantamento das quantidades para cada item da Lista de Materiais a partir dos dados extraídos pelo Navisworks e Civil 3D. Esses valores foram associados aos custos unitários, fornecidos pela projetista e apresentados no ANEXO A, resultando no custo total de cada item, conforme demonstrado no APÊNDICE D. Posteriormente, os custos totais das principais etapas da construção foram associados ao cronograma elaborado no Navisworks, considerando as etapas do processo construtivo. Os resultados desse levantamento estão representados na Tabela 11.

**Tabela 11 – Custos por etapa de construção**

ITEM	CUSTO TOTAL	%
<b>1. INFRAESTRUTURA CIVIL</b>	<b>€ 420.495,84</b>	<b>-</b>
<b>1.1 NÚCLEO 1</b>	<b>€ 169.598,78</b>	<b>40,33%</b>
<b>1.1.1 VIA A</b>	<b>€ 113.268,10</b>	<b>26,94%</b>
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	€ 65.068,40	15,47%
DRENAGEM	€ 22.074,09	5,25%
PAVIMENTAÇÃO	€ 26.125,61	6,21%
<b>1.1.2 VIA B</b>	<b>€ 45.976,51</b>	<b>10,93%</b>
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	€ 22.366,72	5,32%
DRENAGEM	€ 15.244,75	3,63%

<b>ITEM</b>	<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>%</b>
PAVIMENTAÇÃO	€ 8.365,03	1,99%
<b>1.1.3 VIA C</b>	<b>€ 10.354,17</b>	<b>2,46%</b>
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	€ 4.244,62	1,01%
DRENAGEM	€ 3.894,72	0,93%
PAVIMENTAÇÃO	€ 2.214,82	0,53%
<b>1.2 NÚCLEO 2</b>	<b>€ 9.705,07</b>	<b>2,31%</b>
<b>1.2.1 VIA D</b>	<b>€ 9.705,07</b>	<b>2,31%</b>
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	€ 7.088,93	1,69%
DRENAGEM	-	0,00%
PAVIMENTAÇÃO	€ 2.616,14	0,62%
<b>1.3 NÚCLEO 3</b>	<b>€ 213.061,63</b>	<b>50,67%</b>
<b>1.3.1 VIA E</b>	<b>€ 138.975,02</b>	<b>33,05%</b>
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	€ 93.522,53	22,24%
DRENAGEM	€ 25.861,84	6,15%
PAVIMENTAÇÃO	€ 19.590,66	4,66%
<b>1.3.1 VIA F</b>	<b>€ 74.086,61</b>	<b>17,62%</b>
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	€ 38.523,55	9,16%
DRENAGEM	€ 18.157,05	4,32%
PAVIMENTAÇÃO	€ 17.406,02	4,14%
<b>1.4 NÚCLEO 4</b>	<b>€ 28.130,36</b>	<b>6,69%</b>
<b>1.4.1 VIA G</b>	<b>€ 28.130,36</b>	<b>6,69%</b>
MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	€ 17.670,46	4,20%
DRENAGEM	-	0,00%
PAVIMENTAÇÃO	€ 10.459,90	2,49%

Com isso, obteve-se um custo total direto de € 420.495,84, para a execução dos quatro núcleos, contendo as sete vias de acesso. Ao analisar a distribuição dos custos, verifica-se que o Núcleo 3 absorve a maior parte dos recursos, representando 50,67% do custo total, o que equivale a € 213.061,63. Seguido pelo Núcleo 1, com um custo total de € 169.598,78, correspondente a 40,33% do total. Os núcleos 2 e 4, por sua vez, possuem custos significativamente menores, representando 2,31% (€ 9.705,07) e 6,69% (€ 28.130,36) do valor total, respectivamente. Dentro desses núcleos, a movimentação de terra é o item que mais impacta os custos, especialmente nas vias E e F do Núcleo 3, onde esse serviço representa 22,24% e 9,16% do custo total, respectivamente. A pavimentação e drenagem também representam uma parcela significativa dos custos, porém em menor proporção.

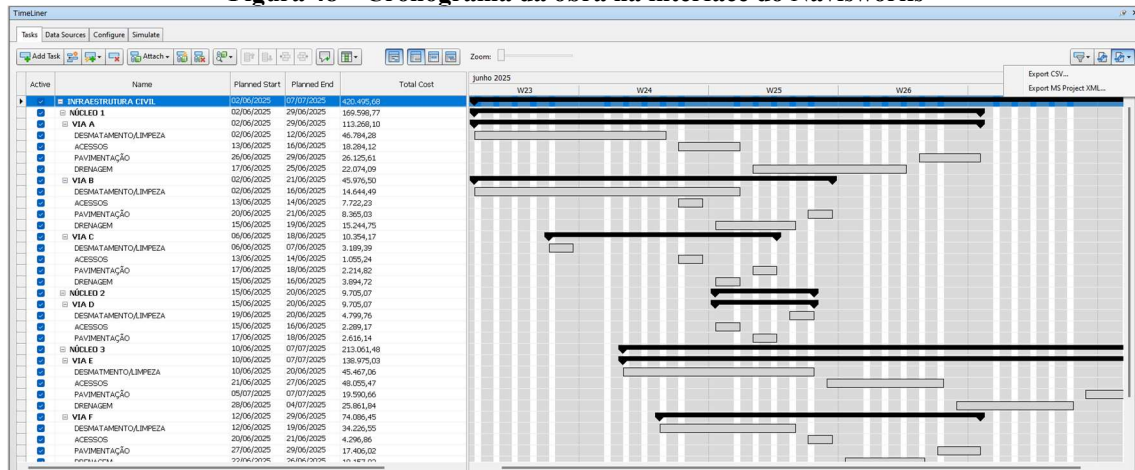
É importante ressaltar que esses valores representam apenas os custos diretos associados à construção das vias de acesso, excluindo custos indiretos, encargos sociais, benefícios e despesas indiretas (BDI). Além disso, a planilha foi elaborada com base nos elementos

modelados e exportados para o Navisworks. Portanto, algumas etapas de construção, como os serviços preliminares, não tiveram seus custos calculados.

#### 4.4 Planejamento da obra

Com relação ao planejamento 5D, após desenvolvido os custos totais de cada etapa, foi desenvolvido o cronograma físico financeiro no Navisworks, conforme apresentado na Figura 48 e posteriormente exportado para o Excel, apresentado no APÊNDICE E.

Figura 48 – Cronograma da obra na interface do Navisworks

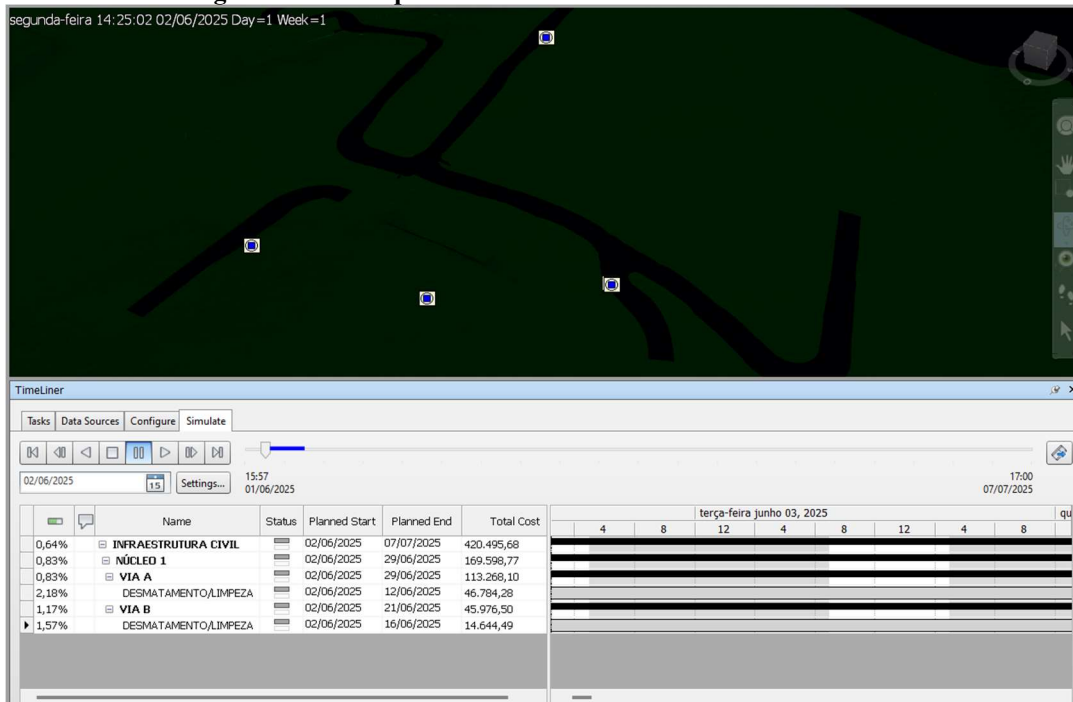


Para demonstrar o acompanhamento do cronograma utilizando a ferramenta de Simulação, foi gerado uma sequência de imagens que representam cada período da obra, referente ao Núcleo 1 e 2. A Figura 49 mostra o início da construção desses núcleos, onde nenhuma etapa foi concluída. Na Figura 50, é possível observar o término do desmatamento e da limpeza da área destinada aos acessos, estágio em que 32% do total da obra foi concluído. A Figura 51 ilustra o fim da terraplenagem, programado para a terceira semana de execução, representando 40% da conclusão global. Por fim, a Figura 52 apresenta o estágio final das obras nos Núcleos 1 e 2, com a terraplenagem, pavimentação e drenagem finalizadas, o que corresponde a 78% do progresso total da obra, previsto para a quinta semana de execução.

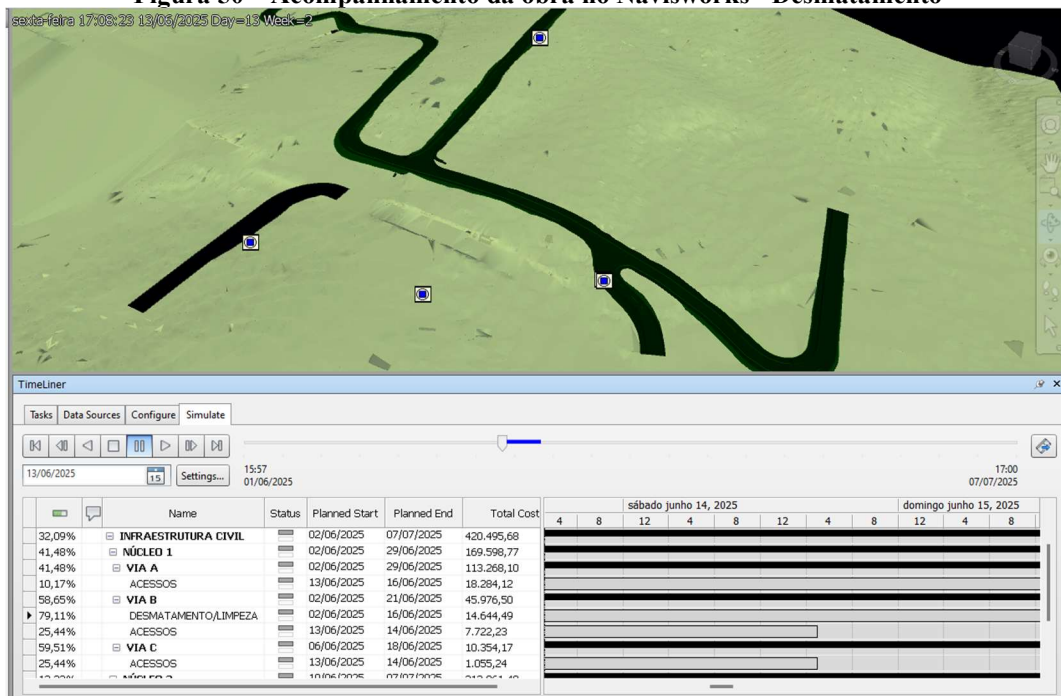
Castro (2019) observou que o uso de simulações no Navisworks contribui significativamente para coordenar várias disciplinas, nesse caso, geometria, terraplenagem, pavimentação e drenagem, ajudando a prevenir erros e a corrigir inconsistências ainda na fase de planejamento. Esta análise é corroborada pelas simulações realizadas, que demonstraram a eficácia na compatibilização dos elementos

das diferentes disciplinas, devido ao desenvolvimento ocorrer de maneira coordenada e colaborativa, aumentando a capacidade de visualização, análise e compatibilização dos elementos e consequentemente no aumento da probabilidade de conclusão do projeto dentro do prazo e do orçamento estabelecidos.

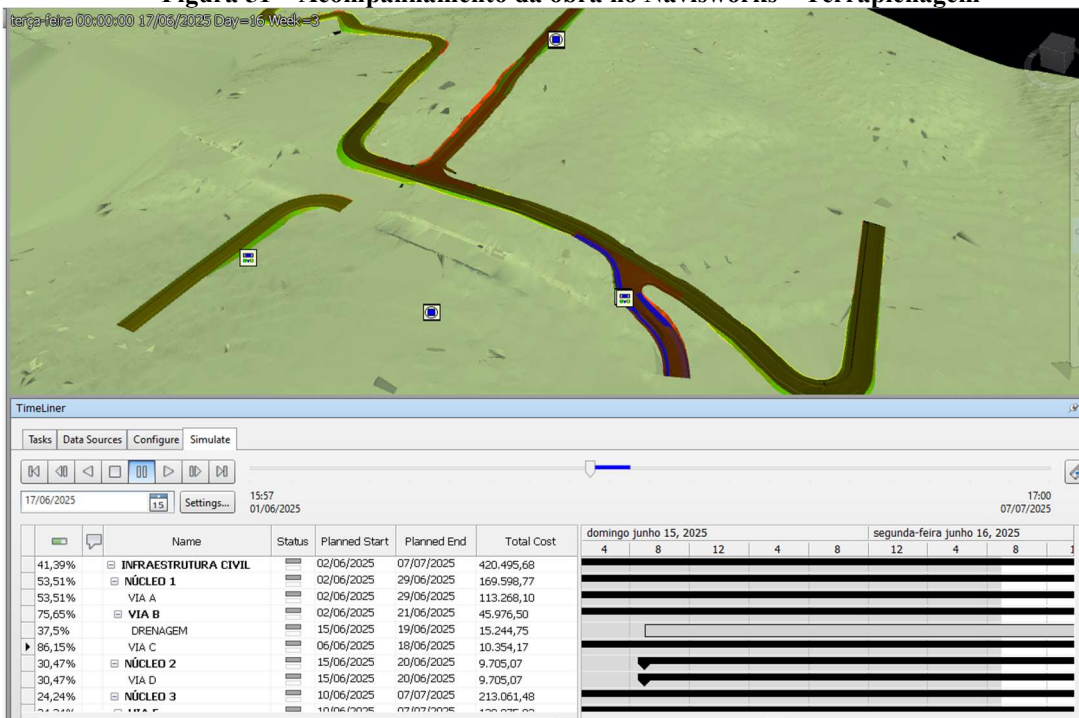
**Figura 49 – Acompanhamento da obra no Navisworks – Início**



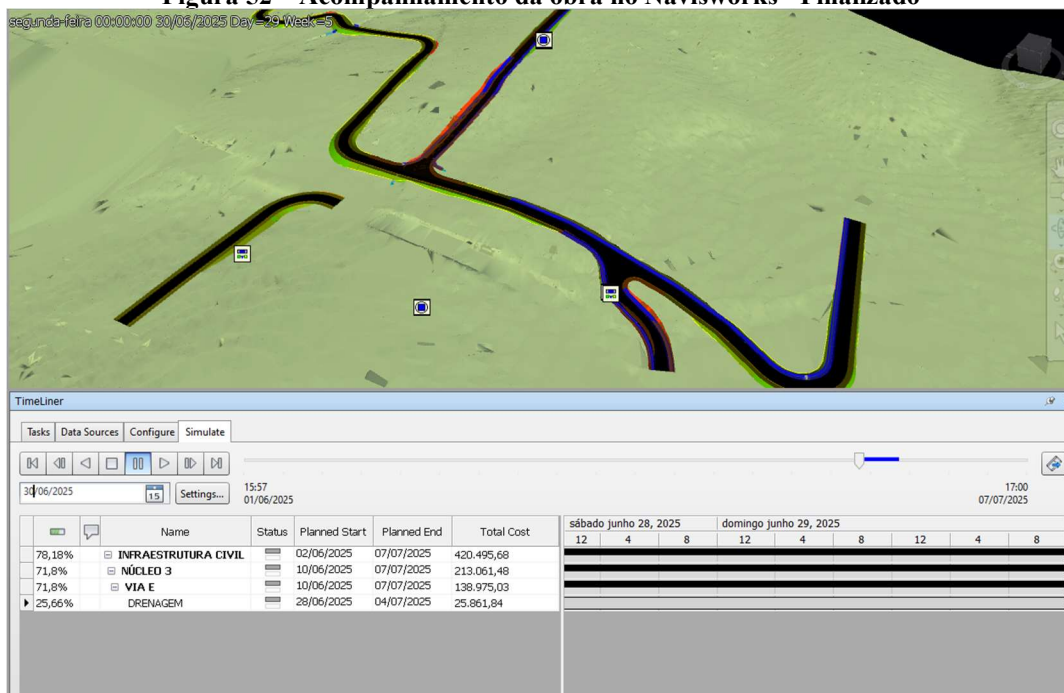
**Figura 50 – Acompanhamento da obra no Navisworks - Desmatamento**



**Figura 51 – Acompanhamento da obra no Navisworks – Terraplenagem**



**Figura 52 – Acompanhamento da obra no Navisworks - Finalizado**



Assim como observado por Pirôpo (2014) no contexto de obras de edifícios, as simulações realizadas permitiram prever o custo acumulado total da obra em cada período planejado, além de fornecer percentuais físico-financeiros tanto globais quanto individuais para cada atividade. Essas previsões, combinadas com a visualização gráfica da evolução da obra, demonstraram ser ferramentas importantes para a análise integral da construção, facilitando a tomada de decisões e o planejamento logístico.

Outra possibilidade do uso do Navisworks, é o acompanhamento da obra por meio de fotografia, permitindo a comparação entre a obra real e o modelo virtual em diferentes etapas de construção, utilizando dispositivos móveis como notebooks, tablets ou celulares. Porém esse recurso não foi aplicado neste trabalho específico visto que a obra ainda não foi iniciada.

## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

### 5.1 Conclusões

Este trabalho teve como objetivo principal a análise dos benefícios da metodologia BIM em projetos de infraestrutura viária, destacando suas vantagens e desafios frente aos métodos tradicionais (CAD/3D) e considerando um projeto de vias de acesso à Central Solar Fotovoltaica da Senhora da Póvoa. Em geral, observou-se que a metodologia BIM oferece uma abordagem mais integrada e eficiente para o planejamento e execução das obras, tendo em vista sua capacidade de armazenamento de várias informações em um único modelo parametrizado. Também facilita a visualização e extração das informações devido à automação do processo, reduzindo significativamente a probabilidade de erros humanos e o tempo necessário para a obtenção destes dados.

No projeto geométrico, foi observado que o modelo revisado não apenas ofereceu um maior detalhamento das informações, mas também otimizou o processo de edição ao reduzir a necessidade de ajustes manuais, através de um novo *template*. Para o projeto de terraplenagem, a análise dos volumes de corte e aterro por estaca e a geração automática dos diagramas de massas demonstraram maior facilidade e superioridade de modelagem em oferecer uma visão clara e precisa das movimentações de terra necessárias.

Em relação ao projeto de drenagem, as vantagens do BIM foram ainda mais evidentes. O uso do plug-in Sólidos no projeto permitiu a representação precisa dos dispositivos de drenagem, com inserção automática de informações críticas como cota, inclinação e localização, que são essenciais para a correta execução em campo. Além da possibilidade de verificação dos encaixes entre dispositivos, minimizando erros de projeto e garantindo maior conformidade com as condições reais da obra.

Com relação as informações, o projeto utilizando a metodologia BIM reduziu a necessidade de ajustes manuais em 85% das situações, aumentando a produtividade e a precisão das informações extraídas. Além disso, possibilitou a visualização de aproximadamente 30% mais informações que não eram apresentadas no modelo original, proporcionando maior confiabilidade durante a execução da obra.

Em relação aos custos, a movimentação de terra representou aproximadamente 60% do custo total da obra, sendo a etapa mais onerosa do projeto. Isso se deve à necessidade de conformar o terreno irregular, que exigiu um aumento de 40% nos volumes de corte e

aterro em comparação com o projeto base, impactando significativamente o orçamento total.

Além disso, o planejamento e acompanhamento da obra utilizando o software Navisworks demonstrou ser uma ferramenta poderosa para a gestão de custos e cronogramas. A integração das dimensões 4D e 5D no planejamento da construção permite um controle mais rigoroso das atividades e dos custos, aumentando a probabilidade de conclusão do projeto dentro dos prazos e orçamentos estabelecidos.

## **5.2 Sugestões de Trabalhos Futuros**

Cabe ressaltar que, para obtenção de todos os benefícios associados à metodologia BIM, deve haver um esforço contínuo na capacitação dos profissionais envolvidos e na adaptação dos equipamentos e processos organizacionais às novas demandas tecnológicas. Futuras pesquisas sobre o assunto poderiam explorar estas limitações e desafios dentro de uma empresa de engenharia, considerando diferentes contextos e escalas de projetos de infraestrutura de transporte.

Além disso, em projetos de usinas fotovoltaicas, seria relevante realizar uma modelagem completa que integre também as especialidades de engenharia elétrica, mecânica e arquitetura, dentro de um ambiente colaborativo, como o Autodesk Construction Cloud (ACC), que desde agosto de 2024 possui licenças estudantis. Dessa forma, seria possível obter uma visão mais abrangente e aprofundada sobre o tema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Portuguesa do Ambiente. (2021). *Relatório de Consulta Pública AIA3301 Central Solar Fotovoltaica Sra. Da Póvoa—Projeto Híbrido do Parque Eólico de Raia* (Relatório de Consulta Pública 3393). Agência Portuguesa do Ambiente. <https://siaia.apambiente.pt/AIA1.aspx?ID=3393>
- Andrade, M. L. V. X. de, & Ruschel, R. C. (2009). Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 4(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.4237/gtp.v4i2.102>
- Andrade, M. L., & Ruschel, R. C. (2009). *BIM: Conceitos, Cenário das Pesquisas Publicadas no Brasil e Tendências*. 602–613. <https://doi.org/10.4237/sbqp.09.166>
- Associação Portuguesa de Building Information Modelling. (s.d.). *ptBIM*. <https://ptbim.org/>
- Autodesk. (2024a). *Autodesk Civil 3D: software abrangente de projeto e documentação detalhados para infraestrutura civil* [Site Oficial]. Autodesk. <https://www.autodesk.com/br/products/civil-3d/overview>
- Autodesk. (2024b). *InfraWorks: Modele conceitos de projeto de infraestrutura e construção com o contexto do mundo real* [Site Oficial]. Autodesk. <https://www.autodesk.com/br/products/infracworks/overview>
- Autodesk. (2024c). *Navisworks: Revisão, coordenação e detecção de interferências de modelos 3D* [Site Oficial]. Autodesk. <https://www.autodesk.com/br/products/navisworks/overview>
- Autodesk Support. (2024). *Como exportar para o Navisworks a partir de outro produto da Autodesk*. <https://www.autodesk.com/br/support/technical/article/caas/sfdarticles/sfdarticles/PTB/Autodesk-Navisworks-NWC-export-utility.html>
- Balko, L. (2016). *O transporte ferroviário de mercadorias na UE ainda não está no rumo certo* (p. 90) [Relatório Especial]. Tribunal de Contas Europeu. [https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/sr16\\_08/sr\\_rail\\_freight\\_pt.pdf](https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/sr16_08/sr_rail_freight_pt.pdf)

- Balko, L. (2018). *Desafios a enfrentar para um bom funcionamento do setor dos transportes na UE* (p. 67) [Exame panorâmico]. Tribunal de Contas Europeu. [https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/LR\\_TRANSPORT/LR\\_TRANSPORT\\_PT.pdf](https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/LR_TRANSPORT/LR_TRANSPORT_PT.pdf)
- Barros, V. A. (2021). *Conheça o InfraWorks e Civil 3D 2021.2* [Blog]. Autodesk. <https://blogs.autodesk.com/mundoaec/conheca-o-infracworks-e-civil-3d-2021-2/>
- Bertussi, G. L., & Oliveira, J. Q. M. de. (2021). Concessões no setor aeroportuário brasileiro: Uma análise sobre concentração de mercado. *Direito.UnB*, 5(1), Artigo 1. <https://periodicos.unb.br/index.php/revistadedireitounb/article/view/34258>
- BIM CLUB. (s.d.). *O que é o BIMCLUB?* <http://www.bimclub.pt/>
- Bradley, A., Li, H., Lark, R., & Dunn, S. (2016). Automation in Construction. *BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective*, 71(2), 139–152. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.019>
- Brandão, F. J. da S. (2000). *Plano de Trabalhos—Tipo para a Construção de Estradas* [Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto]. <https://paginas.fe.up.pt/~jmfaria/TesesOrientadas/MestrAntigo/PLANO%20TRAB%20TIPO%20CONSTR%20%20ESTRADAS.pdf>
- Brandão, R. D. A. (2014). *Avaliação do uso do BIM para o estudo de obras de infraestrutura viária* [Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)]. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia.
- Cardoso, M. C. (2020). *Autodesk Civil 3D 2020: Aplicações BIM para projetos de Infraestrutura*. Editora Érica. <https://www.editoraerica.com.br/autodesk-civil-3d-2020/p?idsku=724450>
- Carreiró, D. C. (2018). *Aplicação da metodologia BIM a um caso de estudo através do software Autodesk Navisworks* [Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Instituto Superior de Engenharia de Lisboa]. <https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/8691>

- Castro, L. C. L. B. de. (2019). *Aplicação do Building Information Modeling (BIM) em Projetos de infraestrutura nas fases pre-completion e/ou post completion* [Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Políticas de Infraestrutura), Escola Nacional de Administração Pública]. <https://repositorio.cgu.gov.br/handle/1/42048>
- Cheng, J., Lu, Q., & Deng, Y. (2016). Automation in Construction. *Analytical review and evaluation of civil information modelling (CIM)*, v. 67, 31–47. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.02.006>
- Comissão Europeia: Direção-Geral da Mobilidade e dos Transportes. (2018). *Transportes da UE em números – Statistical Pocketbook*. Serviço de Publicações da União Europeia. <https://data.europa.eu/doi/10.2832/05477>
- Conselho da União Europeia. (2023). *Rede transeuropeia de transportes (RTE-T): Conselho e Parlamento chegam a acordo para assegurar uma conectividade sustentável na Europa*. <https://www.consilium.europa.eu/pt/press/press-releases/2023/12/18/trans-european-transport-network-ten-t-council-and-parliament-strike-a-deal-to-ensure-sustainable-connectivity-in-europe/>
- Costa, E. N. (2013). *Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos* [Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil), Universidade Federal de Ouro Preto]. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/3415>
- Costin, A., Adibfar, A., Hu, H., & Chen, S. S. (2018). Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations. *Automation in Construction*, 94, 257–281. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.07.001>
- Crespo, C. C., & Ruschel, R. C. (2007). Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. *Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil*, 3.
- CT 197. (2021). *Regras de modelação de objetos BIM* (p. 23). EEA Grants. <https://www.eeagrants.gov.pt/media/5775/actividade-a4-relatorio-regras-de-objetos.pdf>
- CT197 - BIM. (2017). *Guia da Contratação BIM* (p. 42 p.). Comissão Técnica de Normalização BIM.

- Dalle Molle, N. L. (2010). *Tutoriais sobre o Civil 3D* [Blog]. Portal Oficial. <https://tbn2net.com/help/TUTORIAIS/>
- Dalle Molle, N. L. (2024). *SOLIDOS – Modelagem, dimensionamento e simulação de redes de drenagem, água e esgoto*. <https://tbn2net.com/solidos/>
- Darós, J. (2019). Guia completo: BIM 4D cronograma [Blog]. *Utilizando BIM*. <https://utilizandobim.com/blog/bim-4d-cronograma/>
- Departamento de Estradas de Rodagens do Paraná. (2020). *O que é o BIM para Infraestrutura ou InfraBIM?* [Portal Oficial]. InfraBIM. <https://www.der.pr.gov.br/Pagina/InfraBIM>
- Fernandes, G., & Couto, J. P. (2022). BIM na gestão de projetos de construção: Barreiras e orientações para os gestores de projetos. Em B. Figueiredo, M. Azenha, & J. C. Lino (Eds.), *4º Congresso Português de Building Information Modelling* (Vol. 1, pp. 108–119). UMinho Editora. <https://doi.org/10.21814/uminho.ed.32.9>
- Floriano, C. A. A. G. (2021). *Análise comparativa entre a metodologia tradicional e a metodologia BIM em um estudo de caso: Reforma geral de bloco residencial na Base Aérea de Florianópolis* [Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)]. Instituto Federal de Santa Catarina.
- Franco Júnior, J. C. (2019). *Modelagem BIM de infraestrutura urbana a partir de levantamentos aéreos com drone* [Dissertação (Mestrado em Ciências), Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.102.2020.tde-12032020-150726>
- Freitas, L. N. (2019). *Análise comparativa entre projetos de edificações utilizando métodos tradicionais e BIM* [Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade de Brasília]. <https://bdm.unb.br/handle/10483/25930>
- Freitas, R. C. F. (2020). *O processo de adoção do BIM em empresas públicas e em construtoras de infraestrutura*. [Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.3.2020.tde-04092020-103026>

- Garibaldi, B. C. B. (2020). *Do 3D ao 7D - Entenda todas as dimensões do BIM* [Blog]. Sienge.  
<https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>
- Gonçalves, S. S. (2022). *Implementação BIM em empresa incorporadora e construtora brasileira*.  
[Text, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.3.2022.tde-19012023-102642>
- Google Images. (2024). Castelo Branco.  
[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Distrito\\_de\\_Castelo\\_Branco&oldid=67635194](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Distrito_de_Castelo_Branco&oldid=67635194)
- Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows* (2.<sup>a</sup> ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Hippert, M. A., & Araújo, T. (2010). Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo. *A contribuição do BIM para a representação do ambiente construído*.
- Hoel, L., Garber, N., & Sadek, A. (2011). *Engenharia de Infraestrutura de Transportes uma Integração Multimodal* (1 ed.). Cengage Learning. <https://www.cengage.com.br/livro/ebook-engenharia-de-infraestrutura-de-transportes-uma-integracao-multimodal/>
- Holanda Neto, B. U. de, & Fragoso, S. M. P. (2017). *Tecnologia BIM aplicada em suas quarta, quinta e sexta dimensões: Estudo de caso* [Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco].  
<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/47274>
- Júnior, J., Arrotéia, A., Assuncao, A., Santos, E., & Melhado, S. (2017). *Análise de casos práticos da adoção do processo BIM em empreendimentos de infraestrutura*. 15.
- Kamardeen, I. (2010). 8D BIM Modelling tool for accident prevention through design. *Annual Arcom Conference*, 26, 281–289. [https://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2010-0281-0289\\_Kamardeen.pdf](https://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2010-0281-0289_Kamardeen.pdf)
- Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations (McGraw-Hill Construction Series)* (1.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071494533>

- Lima, H. C. (2019). *Compatibilização de projetos através da modelagem 3D (BIM) e análise de custos de execução* [Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil)]. Universidade Federal de Pernambuco.
- Martins Júnior, J. V. (2018). *Processos colaborativos e integração de projetos com auxílio da plataforma BIM: Uma análise no meio profissional de Natal-RN* [Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)]. Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- McAuley, B., Hore, A., & West, R. (2017). *BICP Global BIM Study—Lessons for Ireland’s BIM Programme*. Dublin Institute of Technology. <https://doi.org/10.21427/D7M049>
- Mc-Graw-Hill Construction. (2010). *The Business Value of BIM in Europe: Getting Buildin Information Modeling to the Bottom Line in the United Kingdom, France and Germany*. Smart Market Report.
- Mesquita, H. de C., Eduardo, R. C., Rodrigues, K. C., & de Paula, H. M. (2017). Revista Matéria. *Estudo de caso da análise de interferências entre as disciplinas de um edifício com projetos convencionais (re) modelados em BIM*, 23(3), 24. [https://www.researchgate.net/publication/328398542\\_Estudo\\_de\\_caso\\_da\\_analise\\_de\\_interferencias\\_entre\\_as\\_disciplinas\\_de\\_um\\_edificio\\_com\\_projetos\\_convencionais\\_re\\_modelados\\_em\\_BIM](https://www.researchgate.net/publication/328398542_Estudo_de_caso_da_analise_de_interferencias_entre_as_disciplinas_de_um_edificio_com_projetos_convencionais_re_modelados_em_BIM)
- Microsoft. (2024). *Microsoft Project: Software de Gerenciamento de Projetos* [Site Oficial]. Microsoft 365. <https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/project/project-management-software>
- Moraes, D. (2020). *Entenda os 3 níveis de maturidade BIM e sua importância*. Sienge. <https://www.sienge.com.br/blog/maturidade-bim/>
- Oh, M., Lee, J., Hong, S. W., & Jeong, Y. (2015). Integrated system for BIM-based collaborative design. *Automation in Construction*, 58, 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.07.015>

- Oliveira, A. de, & Netto, C. C. (2017). *Autodesk Navisworks 2017*. Editora Érica.  
<https://www.editoraerica.com.br/autodesk-navisworks-2017---conceitos-e-aplicacoes/p?idsku=623673>
- Oliveira, M. R. de. (2011). *Modelagem virtual e prototipagem rápida aplicadas em projeto de arquitetura* [Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.18.2011.tde-07042011-110243>
- Pereira, P. A. I., & Ribeiro, R. A. (2015). A Inserção de BIM no curso de graduação em Engenharia Civil. *International Journal on Alive Engineering Education*, 2(2), Artigo 2.  
<https://revistas.ufg.br/ijaeedu/article/view/37589>
- Pimenta, C., & Oliveira, M. (2004). *Projeto Geométrico de Rodovias* (2 ed.). RiMA Editora.  
<https://editorarima.com.br/produto/projeto-geometrico-de-rodovias-segunda-edicao/>
- Pirôpo, G. P. (2014). *Aplicação da Modelagem 5D na Elaboração e Acompanhamento de Orçamento Executivo* [Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)]. Universidade Federal da Bahia.
- Pitake, S. (2013). *International Journal of Engineering Trends and Technology. Visualization of Construction Progress by 4D Modeling Application*, 3000–3005.
- Pontes, J. M. P. C. J. (2016). *Modelo de Maturidade BIM para a Indústria Nacional* [Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)]. Universidade de Lisboa.
- Ribeiro, R. R., & César Júnior, K. M. L. (2021). Modelagem paramétrica baseada em objetos em BIM para o projeto estrutural: Estudo de caso de fundações tipo tubulão. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*.  
<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8653835>
- Ruiz-Padillo, A., Silveira, C. A. da, & Torres, T. B. (2020). *Sistemas de transporte: Introdução, conceitos e panorama*. Universidade Federal de Santa Maria.

- Sacks, R., Eastman, C., Teicholz, P., & Lee, G. (2021). *Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores* (3.<sup>a</sup> ed.). Bookman.
- Silva, C. D. P. (2017). *A plataforma BIM aplicada no planejamento de obras* [Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)]. Universidade de Brasília.
- Silva, G. da, Huppes, F., & Pedrozo, É. (2018). Seminário interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão. *Modelagem da informação da construção (BIM) aplicada à arquitetura, engenharia e construção civil*.
- Silvera, F. A. B. (2015). *Evaluación de giros de vehículos utilizando el software Vehicle Tracking sobre Autocad Civil 3D* [Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)]. Universidad Ricardo Palma.
- Soethe, P. (2018). *BIM para Infraestrutura de Transportes Rodoviários | Mundo AEC - Autodesk* [Blog]. Autodesk. <https://blogs.autodesk.com/mundoaec/bim-para-infraestrutura-de-transportes-rodoviaros/>
- Souza, L. L. A. de, Amorim, S. R. L., & Lyrio, A. de M. (2009). Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: Oportunidades no mercado imobiliário. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 4(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.4237/gtp.v4i2.100>
- Steiner, L. R. (2016). *Análise da implementação da plataforma BIM no setor da AEC do estado de Santa Catarina* [Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina)]. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/4105ad80-2d55-4eb7-9d72-1da53bd3288c/full>
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- União Europeia, Diretiva (UE) 2021/1187, EP, CONSIL, 258 OJ L (2021). <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1187/oj/eng>

- Valente, G. (2024). A importância de um template em projeto BIM. Em *5º Congresso Português de Building Information Modelling* (Vol. 1, pp. 45–54). UMinho Editora.  
<https://ebooks.uminho.pt/index.php/uminho/catalog/view/142/202/3229>
- Yung, P., & Wang, X. (2014). A 6D CAD Model for the Automatic Assessment of Building Sustainability. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, *11*(8), P. 131-140.  
<https://doi.org/10.5772/58446>

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – LOCAÇÃO DOS EIXOS

### VIA A

Estaca	Norte	Este	Cota	Estaca	Norte	Este	Cota
0+0,000	64135,6913	78117,8922	487,2324	22+0,000	64419,8875	78180,8510	488,0349
1+0,000	64135,6913	78097,8922	486,7501	22+2,177 PC	64421,6287	78182,1569	487,9601
2+0,000	64135,6913	78077,8922	486,2679	22+13,091 PT	64431,3799	78180,8212	487,5855
3+0,000	64135,6913	78057,8922	485,7951	23+0,000	64435,5885	78175,3425	487,3483
3+4,551 PC	64135,6913	78053,3407	485,7217	23+8,648 PC	64440,8565	78168,4847	487,0515
4+0,000	64144,3356	78041,8195	485,6756	23+18,781 PT	64449,5178	78163,8254	486,7397
4+10,233 PT	64154,1603	78043,2337	485,8178	24+0,000	64450,7336	78163,7386	486,7103
5+0,000	64162,3864	78048,4988	486,0820	24+8,433 PC	64459,1450	78163,1377	486,5570
5+3,789 PC	64165,5778	78050,5414	486,2182	25+0,000	64469,3446	78167,5788	486,4895
5+7,680 PT	64169,0375	78052,3079	486,3778	25+8,138 PT	64472,0000	78175,1072	486,5411
6+0,000	64180,5024	78056,8183	487,0143	26+0,000	64472,0000	78186,9691	486,7626
6+2,670 PC	64182,9873	78057,7958	487,1786	27+0,000	64472,0000	78206,9691	487,5295
6+5,393 PT	64185,5812	78058,6174	487,3558	28+0,000	64472,0000	78226,9691	488,5705
7+0,000	64199,7739	78062,0704	488,4724	29+0,000	64472,0000	78246,9691	489,6689
8+0,000	64219,2070	78066,7985	489,9420	30+0,000	64472,0000	78266,9691	491,1164
8+3,741 PC	64222,8422	78067,6829	490,1387	31+0,000	64472,0000	78286,9691	492,9547
8+6,422 PT	64225,4814	78068,1404	490,2639	32+0,000	64472,0000	78306,9691	495,1837
9+0,000	64238,9854	78069,5585	490,6980	33+0,000	64472,0000	78326,9691	497,8036
9+5,824 PC	64244,7775	78070,1668	490,7814	34+0,000	64472,0000	78346,9691	500,5835
9+7,526 PT	64246,4759	78070,2723	490,7942	34+4,255 PC	64472,0000	78351,2237	501,0307
10+0,000	64258,9473	78070,5158	490,7271	35+0,000	64478,7851	78364,8126	502,0829
10+18,153 PI	64277,0972	78070,8702	490,1763	35+10,958 PT	64489,0000	78368,2237	502,2553
11+0,000	64278,9439	78070,8807	490,1099	36+0,000	64498,0419	78368,2237	502,0515
12+0,000	64298,9435	78070,9942	489,5988	37+0,000	64518,0419	78368,2237	500,5901
12+16,903 PC	64315,8465	78071,0901	489,7227	38+0,000	64538,0419	78368,2237	499,3955
13+0,000	64318,9195	78071,4261	489,8025	38+19,230 PC	64557,2714	78368,2237	499,5740
13+18,703 PT	64330,6677	78084,4162	490,6606	39+0,000	64558,0415	78368,2435	499,6084
14+0,000	64330,8125	78085,7052	490,7440	39+5,485 PT	64563,3468	78369,5092	499,9138
15+0,000	64333,0440	78105,5803	492,4001	39+15,349 PC	64572,3659	78373,5045	500,7099
16+0,000	64335,2755	78125,4554	494,2323	40+0,000	64576,7981	78374,8791	501,1173
17+0,000	64337,5071	78145,3305	495,0100	40+6,849 PT	64583,6129	78374,9693	501,6746
17+6,143 PC	64338,1925	78151,4353	494,9376	40+14,481 PC	64591,1502	78373,7685	502,2267
18+0,000	64344,2003	78163,6156	494,2372	41+0,000	64596,6428	78373,2784	502,5807
18+14,274 PT	64357,0192	78169,1763	492,8072	41+8,112 PT	64604,7138	78373,9367	503,0323
19+0,000	64362,7373	78169,4765	492,1803	42+0,000	64616,4041	78376,0976	503,5459
20+0,000	64382,7098	78170,5248	490,1248	43+0,000	64636,0709	78379,7329	504,1029
21+0,000	64402,6823	78171,5732	488,7730	43+4,316 PC	64640,3151	78380,5174	504,2145
21+1,552 PC	64404,2326	78171,6546	488,7002	43+13,55	64651,7178	78390,2310	504,4535
21+8,645 PT	64410,8035	78174,0381	488,4246				

## VIA B

<b>Estaca</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Cota</b>
100+0,000	64289,6806	78070,9416	489,7550
101+0,000	64289,7142	78090,9416	490,1005
102+0,000	64289,7479	78110,9416	491,9605
102+17,545 PC	64289,7774	78128,4867	494,1037
103+0,000	64289,8568	78130,9399	494,4036
103+5,448 PT	64290,5687	78136,3369	495,0691
103+6,455 PC	64290,7680	78137,3238	495,1921
103+14,425 PT	64291,5594	78145,2412	496,1656
104+0,000	64291,5594	78150,8163	496,8467
105+0,000	64291,5594	78170,8163	499,1799
106+0,000	64291,5594	78190,8163	500,9360
107+0,000	64291,5594	78210,8163	502,0619
108+0,000	64291,5594	78230,8163	502,5578
109+0,000	64291,5594	78250,8163	502,4327
110+0,000	64291,5594	78270,8163	502,0904
111+0,000	64291,5594	78290,8163	501,7481
111+14,786	64291,5594	78305,6025	501,4951

## VIA C

<b>Estaca</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Cota</b>
500+0,000	64179,2369	78030,5037	485,4550
500+3,158 PC	64180,3279	78033,4669	485,5336
501+0,000	64191,2253	78045,8017	486,1973
501+0,112 PT	64191,3247	78045,8526	486,2059
501+5,795 PC	64196,3881	78048,4340	486,7314
502+0,000	64204,4015	78059,5213	488,4406
502+2,214 PT	64204,5750	78061,7261	488,7097
502+3,728	64204,5822	78063,2403	488,8937

## VIA D

<b>Estaca</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Cota</b>
600+0,000	64305,0452	78046,9812	487,6250
600+3,934 PC	64308,9763	78047,1250	487,6072
601+0,000	64322,4190	78039,7992	487,5358
601+8,044 PT	64324,5248	78032,1351	487,5001
602+0,000	64324,5248	78020,1793	487,5351
603+0,000	64324,5248	78000,1793	487,9659
604+0,000	64324,5248	77980,1793	488,0203
604+3,070	64324,5248	77977,1097	488,0000

**VIA E**

<b>Estaca</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Cota</b>	<b>Estaca</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Cota</b>
1000+0,000	63077,8409	78564,7311	484,0000	1018+16,157	63326,2507	78793,8703	534,9673
1000+3,612	63081,0266	78566,4330	484,1027	PC			
1000+11,821	63086,8788	78572,0431	484,3360	1019+0,000	63329,7135	78795,5356	535,7350
PT				1019+13,554	63342,7208	78799,1955	538,4423
1001+0,000	63091,0341	78579,0883	484,5685	PT			
1001+7,329	63094,7575	78585,4013	484,7768	1020+0,000	63349,1050	78800,0870	539,6860
PC				1020+8,645	63357,6668	78801,2825	541,2242
1001+12,677	63097,7737	78589,8125	484,9288	PC			
PT				1021+0,000	63368,7512	78803,6967	543,0187
1001+15,149	63099,3021	78591,7553	484,9991	1022+0,000	63386,9306	78811,8910	545,5555
PC				1022+10,028	63395,0644	78817,7429	546,5279
1002+0,000	63102,5251	78595,3769	485,1369	PT			
1002+8,041	63108,7547	78600,4397	485,3704	1022+13,717	63397,9083	78820,0925	546,8352
PT				PC			
1003+0,000	63118,7454	78607,0126	485,8537	1023+0,000	63403,1345	78823,5600	547,2964
1003+17,436	63133,3119	78616,5960	486,9133	1023+8,649	63411,2688	78826,4093	547,8028
PC				PT			
1004+0,000	63135,3576	78618,1383	487,1046	1024+0,000	63422,4098	78828,5840	548,2414
1005+0,000	63142,1257	78636,0814	488,8946	1025+0,000	63442,0393	78832,4156	548,3905
1005+0,912	63141,9785	78636,9811	488,9837	1025+1,011	63443,0311	78832,6092	548,3769
PT				PC			
1006+0,000	63138,4694	78655,7440	490,8481	1025+15,409	63457,2759	78831,9364	547,9626
1006+2,659	63137,9806	78658,3576	491,1078	PT			
PC				1026+0,000	63461,6789	78830,6360	547,7437
1006+6,279	63137,6398	78661,9565	491,4614	1026+10,993	63472,2213	78827,5224	547,0493
PT				PC			
1007+0,000	63137,5864	78675,6775	492,8016	1027+0,000	63480,0059	78823,1439	546,3010
1007+12,642	63137,5372	78688,3191	494,0364	1027+6,209	63483,8849	78818,3276	545,6912
PC				PT			
1008+0,000	63138,4068	78695,6073	494,7551	1027+9,488	63485,5220	78815,4868	545,3383
1009+0,000	63149,0786	78712,0851	496,9686	PC			
1009+13,324	63161,0309	78717,7219	498,8854	1028+0,000	63492,8715	78808,1403	544,1290
PT				1028+10,654	63503,0568	78805,4740	542,8980
1010+0,000	63167,5479	78719,1697	499,9820	PT			
1010+17,466	63184,5982	78722,9575	503,2696	1028+19,855	63512,2577	78805,5689	541,8348
PC				PC			
1011+0,000	63187,0647	78723,5383	503,7757	1029+0,000	63512,4023	78805,5697	541,8181
1012+0,000	63205,8620	78730,2712	507,7707	1030+0,000	63526,9891	78794,1081	539,5071
1012+4,274	63209,6813	78732,1888	508,6244	1030+3,415	63527,4116	78790,7271	539,1126
PT				PT			
1013+0,000	63223,5813	78739,5439	511,7656	1030+13,862	63527,5212	78780,2804	537,9061
1014+0,000	63241,2590	78748,8979	515,7605	PC			
1015+0,000	63258,9368	78758,2519	519,7554	1031+0,000	63526,3455	78774,2996	537,2732
1016+0,000	63276,6145	78767,6059	523,7503	1031+17,581	63512,5220	78765,1230	536,1604
1017+0,000	63294,2923	78776,9599	527,7452	PT			
1018+0,000	63311,9700	78786,3138	531,7401	1032+0,000	63510,1033	78765,1230	536,0885
				1032+5,250	63504,8535	78765,1230	536,0000

## VIA F

Estaca	Norte	Este	Cota	Estaca	Norte	Este	Cota
1100+0,000	63174,1902	78720,6453	501,1920	1114+0,000	63236,0328	78964,4315	507,8081
1101+0,000	63174,1428	78740,6452	501,4410	1115+0,000	63253,9905	78973,2360	510,0464
1102+0,000	63174,0953	78760,6452	501,3047	1115+1,469			
1103+0,000	63174,0479	78780,6451	501,0857	PC	63255,3091	78973,8825	510,1879
1104+0,000	63174,0004	78800,6451	500,8668	1116+0,000	63266,1508	78988,0950	511,2833
1105+0,000	63173,9530	78820,6450	500,6479	1116+3,756			
1106+0,000	63173,9056	78840,6450	500,5688	PT	63266,5046	78991,8293	511,3495
1107+0,000	63173,8581	78860,6449	501,8007	1117+0,000	63266,5135	79008,0728	511,0310
1108+0,000	63173,8107	78880,6448	504,6069	1118+0,000	63266,5245	79028,0728	509,6299
1109+0,000	63173,7632	78900,6448	507,6387	1119+0,000	63266,5355	79048,0728	508,1508
1110+0,000	63173,7158	78920,6447	509,0803	1120+0,000	63266,5464	79068,0728	506,6716
1110+0,716				1121+0,000	63266,5574	79088,0727	505,1925
PC	63173,7141	78921,3612	509,1022	1122+0,000	63266,5684	79108,0727	503,7631
1111+0,000	63182,2733	78937,8131	508,9219	1123+0,000	63266,5794	79128,0727	502,8022
1111+3,063				1124+0,000	63266,5903	79148,0727	502,4045
PT	63184,9096	78939,3663	508,7564	1125+0,000	63266,6013	79168,0727	502,5699
1112+0,000	63200,1173	78946,8225	507,5407	1125+19,850	63266,6122	79187,9223	503,0794
1113+0,000	63218,0750	78955,6270	506,8710				

## VIA G

Estaca	Norte	Este	Cota	Estaca	Norte	Este	Cota
1300+0,000	63349,0400	79801,8966	489,8110	1308+0,000	63483,8188	79829,7311	492,4081
1301+0,000	63362,2724	79786,8998	489,9173	1308+8,137			
1301+4,047				PC	63491,0816	79833,4013	492,4276
PC	63364,9497	79783,8655	489,9387	1308+12,275			
1302+0,000	63379,4083	79779,1375	490,0232	PT	63494,1400	79836,1191	492,4580
1302+10,764				1308+12,473			
PT	63388,2517	79784,8627	490,0802	PC	63494,2497	79836,2844	492,4600
1303+0,000	63393,7482	79792,2847	490,1290	1308+17,669			
1303+8,595				PT	63498,2814	79839,4158	492,5297
PC	63398,8636	79799,1920	490,1746	1309+0,000	63500,4822	79840,1836	492,5720
1303+14,877				1310+0,000	63519,3663	79846,7709	493,2126
PT	63403,7254	79803,0566	490,2078	1311+0,000	63538,2503	79853,3582	494,3414
1304+0,000	63408,4238	79805,0978	490,2349	1311+2,141			
1304+4,598				PC	63540,2714	79854,0633	494,4791
PC	63412,6407	79806,9298	490,2625	1312+0,000	63557,1871	79851,3254	495,6283
1304+7,210				1312+16,456			
PT	63415,1308	79807,7028	490,2875	PT	63564,2000	79837,0676	496,6818
1305+0,000	63427,6853	79810,1451	490,5257	1313+0,000	63564,2000	79833,5239	496,8873
1306+0,000	63447,3172	79813,9643	491,2813	1314+0,000	63564,2000	79813,5239	497,7175
1306+7,116				1315+0,000	63564,2000	79793,5239	497,9931
PC	63454,3027	79815,3232	491,6202	1316+0,000	63564,2000	79773,5239	498,0606
1306+10,426				1316+12,129	63564,2000	79761,3947	498,1016
PT	63457,4235	79816,3923	491,7731				
1307+0,000	63465,9686	79820,7105	492,1232				

## APÊNDICE B – RELATÓRIO DE VOLUMES DE TERRAPLENAGEM POR ESTACA

### VIA A

Estaca	Área de Corte (m <sup>2</sup> )	Volume de Corte (m <sup>3</sup> )	Área de Aterro (m <sup>2</sup> )	Volume de Aterro (m <sup>3</sup> )	Volume de Corte Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volume de Aterro Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volume Líquido Acumulado (m <sup>3</sup> )
0+0,000	0,20	0,00	1,53	0,00	0,00	0,00	0,00
1+0,000	0,29	4,90	1,42	29,49	4,90	29,49	-24,58
2+0,000	0,85	11,42	0,04	14,58	16,32	44,07	-27,75
3+0,000	1,63	24,84	0,00	0,36	41,16	44,43	-3,27
3+4,551	2,59	9,61	0,00	0,00	50,77	44,43	6,34
317,392	4,41	46,47	0,00	0,00	97,24	44,43	52,82
4+0,000	4,53	12,13	0,00	0,00	109,37	44,43	64,94
410,233	4,40	46,93	0,00	0,00	156,30	44,43	111,87
5+0,000	3,38	37,99	0,00	0,00	194,29	44,43	149,86
5+3,789	3,41	12,85	0,00	0,00	207,14	44,43	162,71
5+5,734	2,57	5,62	0,00	0,00	212,76	44,43	168,33
5+7,680	1,60	3,83	0,01	0,01	216,59	44,43	172,16
6+0,000	0,00	9,87	2,27	14,04	226,46	58,47	167,99
6+2,670	0,00	0,00	3,34	7,50	226,46	65,97	160,49
6+4,032	0,00	0,00	3,69	4,89	226,46	70,87	155,59
6+5,393	0,00	0,00	2,22	4,21	226,46	75,08	151,38
7+0,000	0,00	0,00	0,80	22,05	226,46	97,13	129,33
8+0,000	0,00	0,00	2,23	30,21	226,46	127,34	99,12
8+3,741	0,00	0,00	2,12	8,14	226,46	135,48	90,98
8+5,081	0,00	0,00	1,91	2,94	226,46	138,41	88,05
8+6,422	0,00	0,00	2,78	3,32	226,46	141,73	84,73
9+0,000	0,49	3,35	1,68	30,25	229,81	171,99	57,83
9+5,824	0,41	2,63	1,26	8,54	232,44	180,53	51,92
9+6,675	0,38	0,29	1,28	1,13	232,73	181,66	51,07
9+7,526	0,36	0,27	1,25	1,12	233,00	182,78	50,22
10+0,000	2,95	20,68	0,00	7,77	253,68	190,56	63,12
1018,153	4,01	63,17	0,00	0,00	316,86	190,56	126,30
11+0,000	3,59	7,02	0,00	0,00	323,87	190,56	133,32
12+0,000	5,31	89,04	0,00	0,00	412,92	190,56	222,36
1216,903	8,74	118,75	0,00	0,00	531,67	190,56	341,11
13+0,000	9,78	30,41	0,00	0,00	562,07	190,56	371,52
1317,803	10,54	83,71	0,00	0,00	645,79	190,56	455,23
1318,703	8,59	108,00	0,00	0,00	753,79	190,56	563,23
14+0,000	8,47	11,06	0,00	0,00	764,85	190,56	574,29
15+0,000	1,00	94,73	0,29	2,88	859,58	193,44	666,14
16+0,000	6,73	77,31	0,00	2,88	936,89	196,32	740,57
17+0,000	3,65	103,75	0,00	0,00	1040,65	196,32	844,33
17+6,143	1,07	14,49	0,27	0,83	1055,14	197,15	857,98
1810	0,26	7,99	1,17	10,41	1063,13	207,57	855,56
18+0,209	0,25	0,05	1,11	0,24	1063,18	207,80	855,38
1814,274	0,81	7,87	0,11	8,76	1071,05	216,57	854,48
19+0,000	1,18	5,71	0,14	0,73	1076,76	217,29	859,47

<b>Estaca</b>	<b>Área de Corte (m²)</b>	<b>Volumen de Corte (m³)</b>	<b>Área de Aterro (m²)</b>	<b>Volumen de Aterro (m³)</b>	<b>Volumen de Corte Acumulado (m³)</b>	<b>Volumen de Aterro Acumulado (m³)</b>	<b>Volumen Líquido Acumulado (m³)</b>
20+0,000	4,91	60,93	0,00	1,43	1137,69	218,72	918,97
21+0,000	13,61	185,23	0,00	0,00	1322,92	218,72	1104,20
21+1,552	13,94	21,39	0,00	0,00	1344,31	218,72	1125,59
21+5,099	22,45	63,82	0,00	0,00	1408,13	218,72	1189,41
21+8,645	15,80	68,08	0,00	0,00	1476,20	218,72	1257,48
22+0,000	8,17	136,10	0,00	0,00	1612,30	218,72	1393,58
22+2,177	6,94	16,45	0,00	0,00	1628,75	218,72	1410,03
22+7,634	2,94	24,49	0,04	0,18	1653,25	218,90	1434,35
2213,091	1,63	9,27	0,08	0,43	1662,52	219,33	1443,19
23+0,000	3,51	17,76	0,00	0,26	1680,28	219,59	1460,69
23+8,648	5,40	38,51	0,00	0,00	1718,79	219,59	1499,20
2313,714	6,03	29,26	0,00	0,00	1748,04	219,59	1528,46
2318,781	8,17	36,87	0,00	0,00	1784,91	219,59	1565,33
24+0,000	8,10	9,91	0,00	0,00	1794,83	219,59	1575,24
24+8,433	8,01	67,90	0,00	0,00	1862,73	219,59	1643,14
2418,285	6,58	73,14	0,00	0,00	1935,87	219,59	1716,29
25+0,000	6,39	11,28	0,00	0,00	1947,15	219,59	1727,56
25+8,138	4,05	42,72	0,00	0,00	1989,87	219,59	1770,29
26+0,000	0,81	28,87	0,03	0,20	2018,75	219,79	1798,96
27+0,000	0,35	11,64	0,54	5,71	2030,39	225,50	1804,88
28+0,000	1,18	15,27	0,00	5,41	2045,66	230,91	1814,74
29+0,000	2,47	36,51	0,00	0,04	2082,16	230,95	1851,21
30+0,000	4,09	65,60	0,00	0,00	2147,76	230,95	1916,82
31+0,000	5,98	100,62	0,00	0,00	2248,39	230,95	2017,44
32+0,000	5,05	110,21	0,00	0,00	2358,60	230,95	2127,65
33+0,000	6,86	119,06	0,00	0,00	2477,66	230,95	2246,71
34+0,000	7,24	140,99	0,00	0,00	2618,65	230,95	2387,70
34+4,255	3,78	23,45	0,55	1,17	2642,09	232,12	2409,98
3417,606	0,00	21,22	7,58	58,68	2663,31	290,80	2372,51
35+0,000	0,00	0,00	8,86	21,24	2663,31	312,04	2351,27
3510,958	0,00	0,01	6,23	89,22	2663,32	401,25	2262,06
36+0,000	1,13	5,11	2,08	37,57	2668,42	438,83	2229,60
37+0,000	0,55	16,79	1,15	32,35	2685,22	471,18	2214,04
38+0,000	7,07	76,25	0,00	11,52	2761,47	482,70	2278,77
3819,23	5,56	121,46	0,00	0,00	2882,93	482,70	2400,23
39+0,000	4,54	4,16	0,00	0,00	2887,09	482,70	2404,39
39+2,357	2,48	8,68	0,00	0,00	2895,77	482,70	2413,08
39+5,485	0,83	5,19	0,05	0,08	2900,97	482,78	2418,19
3915,349	0,00	4,08	6,74	33,48	2905,04	516,26	2388,78
40+0,000	0,00	0,00	9,21	37,11	2905,04	553,37	2351,67
40+1,099	0,00	0,00	9,29	10,29	2905,04	563,66	2341,38
40+6,849	0,00	0,00	10,07	56,77	2905,04	620,44	2284,61
4014,481	0,00	0,00	7,37	66,58	2905,04	687,02	2218,03
41+0,000	0,00	0,00	5,65	34,87	2905,04	721,89	2183,15
41+1,296	0,00	0,00	5,24	6,82	2905,04	728,71	2176,33
41+8,112	0,27	1,02	3,71	29,47	2906,06	758,18	2147,88
42+0,000	0,64	5,45	2,25	35,43	2911,51	793,61	2117,90
43+0,000	0,61	12,50	2,20	44,48	2924,01	838,09	2085,92
43+4,316	0,96	3,38	1,56	8,11	2927,39	846,20	2081,19

Estaca	Área de Corte (m <sup>2</sup> )	Volumen de Corte (m <sup>3</sup> )	Área de Aterro (m <sup>2</sup> )	Volumen de Aterro (m <sup>3</sup> )	Volumen de Corte Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volumen de Aterro Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volumen Líquido Acumulado (m <sup>3</sup> )
43+18,194	0,00	8,01	0,00	9,56	2935,40	855,76	2079,64

## VIA B

Estaca	Área de Corte (m <sup>2</sup> )	Volumen de Corte (m <sup>3</sup> )	Área de Aterro (m <sup>2</sup> )	Volumen de Aterro (m <sup>3</sup> )	Volumen de Corte Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volumen de Aterro Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volumen Líquido Acumulado (m <sup>3</sup> )
100+0,000	0,04	0	1,15	0	0	0	0
101+0,000	4,59	-46,32	0	11,49	-46,32	11,49	-34,83
102+0,000	8,91	-135,06	0	0	-181,38	11,5	-169,88
10217,545	9,63	-162,69	0	0	-344,07	11,5	-332,57
103+0,000	9,39	-23,38	0	0	-367,45	11,5	-355,95
103+1,497	9,05	-13,81	0	0	-381,26	11,5	-369,76
103+5,448	8,81	-35,3	0	0	-416,56	11,5	-405,06
103+6,455	8,54	-8,73	0	0	-425,29	11,5	-413,79
10310,44	7,97	-32,93	0	0	-458,22	11,5	-446,72
10314,425	7,3	-30,55	0	0	-488,77	11,5	-477,27
104+0,000	5,17	-34,78	0	0	-523,54	11,5	-512,04
105+0,000	0	-51,71	4,58	45,79	-575,25	57,28	-517,97
106+0,000	0	0	9,8	143,78	-575,25	201,06	-374,19
107+0,000	0	0	5,32	151,23	-575,25	352,29	-222,96
108+0,000	0,26	-2,55	0,93	62,52	-577,81	414,81	-163
109+0,000	3,82	-40,8	0,03	9,55	-618,6	424,35	-194,25
110+0,000	8,18	-120,01	0	0,27	-738,61	424,62	-313,99
111+0,000	0,19	-83,67	2,3	22,95	-822,29	447,58	-374,71
111+14,786	3,2	-25,08	0,49	20,56	-847,36	468,13	-379,23

## VIA C

Estaca	Área de Corte (m <sup>2</sup> )	Volumen de Corte (m <sup>3</sup> )	Área de Aterro (m <sup>2</sup> )	Volumen de Aterro (m <sup>3</sup> )	Volumen de Corte Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volumen de Aterro Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volumen Líquido Acumulado (m <sup>3</sup> )
500+0,000	0,06	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00
500+3,158	0,04	0,15	1,18	4,08	0,15	4,08	-3,92
50011,635	0,00	0,19	3,35	19,19	0,35	23,27	-22,92
501+0,000	0,00	0,00	5,39	37,04	0,35	60,30	-59,96
501+0,112	0,00	0,00	5,37	0,60	0,35	60,90	-60,56
501+5,795	0,01	0,02	2,98	23,73	0,36	84,63	-84,27
50114,004	0,80	3,88	3,55	22,43	4,24	107,07	-102,83
502+0,000	0,34	4,12	3,06	14,72	8,36	121,79	-113,43
502+2,214	0,18	0,78	2,38	5,16	9,14	126,95	-117,81
502+3,728	0,00	0,14	2,52	3,71	9,28	130,66	-121,38

## VIA D

Estaca	Área de Corte (m <sup>2</sup> )	Volumen de Corte (m <sup>3</sup> )	Área de Aterro (m <sup>2</sup> )	Volumen de Aterro (m <sup>3</sup> )	Volumen de Corte Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volumen de Aterro Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volumen Líquido Acumulado (m <sup>3</sup> )
600+0.000	0.03	0.00	1.49	0.00	0.00	0.00	0.00
600+3.934	0.02	0.10	1.52	5.92	0.10	5.92	-5.83
600+15.989	2.24	11.54	0.18	10.69	11.64	16.62	-4.98
601+0.000	7.59	19.09	0.00	0.40	30.73	17.02	13.71
601+8.044	12.53	83.07	0.00	0.00	113.80	17.02	96.78
602+0.000	13.24	154.06	0.00	0.00	267.86	17.02	250.84
603+0.000	2.48	157.21	0.04	0.45	425.06	17.46	407.60
604+0.000	0.24	27.14	1.64	16.87	452.21	34.33	417.87
604+3.070	0.31	0.83	1.64	5.03	453.04	39.36	413.68

## VIA E

Estaca	Área de Corte (m <sup>2</sup> )	Volumen de Corte (m <sup>3</sup> )	Área de Aterro (m <sup>2</sup> )	Volumen de Aterro (m <sup>3</sup> )	Volumen de Corte Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volumen de Aterro Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volumen Líquido Acumulado (m <sup>3</sup> )
1000+0,000	0,04	0,00	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00
1000+3,612	0,08	0,22	1,15	5,03	0,22	5,03	-4,81
1000+7,716	0,27	0,82	0,71	3,70	1,04	8,73	-7,69
1000+11,821	0,30	1,31	0,65	2,76	2,34	11,49	-9,15
1001+0,000	0,30	2,47	0,65	5,30	4,81	16,79	-11,98
1001+7,329	0,31	2,24	0,64	4,72	7,05	21,51	-14,46
1001+0,003	0,26	0,74	0,64	1,72	7,79	23,22	-15,43
1001+2,677	0,18	0,58	0,67	1,76	8,37	24,98	-16,61
1001+5,149	0,11	0,35	0,86	1,90	8,72	26,88	-18,16
1002+0,000	0,66	1,86	0,24	2,67	10,58	29,55	-18,97
1002+1,595	1,16	1,43	0,01	0,20	12,01	29,74	-17,74
1002+8,041	4,45	17,97	0,00	0,02	29,98	29,77	0,21
1003+0,000	13,59	107,88	0,00	0,00	137,85	29,77	108,09
1003+17,436	24,95	335,93	0,00	0,00	473,79	29,77	444,02
1004+0,000	22,69	63,63	0,00	0,00	537,42	29,77	507,66
1004+9,174	16,29	185,11	0,00	0,00	722,53	29,77	692,76
1005+0,000	4,49	115,30	0,00	0,00	837,83	29,77	808,06
1005+0,912	3,40	3,60	0,00	0,00	841,43	29,77	811,67
1006+0,000	0,00	32,41	6,31	60,21	873,85	89,98	783,87
1006+2,659	0,00	0,00	6,82	17,46	873,85	107,44	766,41
1006+4,469	0,00	0,00	7,22	12,40	873,85	119,84	754,01
1006+6,279	0,00	0,00	7,53	13,05	873,85	132,89	740,96
1007+0,000	0,00	0,00	10,98	127,00	873,85	259,89	613,96
1007+12,642	0,00	0,00	8,97	126,11	873,85	385,99	487,86
1008+0,000	0,00	0,00	6,28	53,81	873,85	439,81	434,05
1008+12,983	0,16	1,16	3,08	57,92	875,01	497,72	377,29
1009+0,000	0,96	4,36	2,04	17,08	879,37	514,80	364,57
1009+13,324	0,00	7,10	1,49	22,19	886,47	536,99	349,48

Estaca	Área de Corte (m²)	Volumen de Corte (m³)	Área de Aterro (m²)	Volumen de Aterro (m³)	Volumen de Corte Acumulado (m³)	Volumen de Aterro Acumulado (m³)	Volumen Líquido Acumulado (m³)
1010+0,000	0,00	0,00	1,34	9,43	886,47	546,42	340,05
101017,466	0,11	0,98	0,32	14,43	887,45	560,86	326,59
1011+0,000	0,14	0,33	0,29	0,78	887,78	561,64	326,15
101110,87	1,00	6,34	0,00	1,59	894,13	563,23	330,90
1012+0,000	3,21	19,28	0,00	0,00	913,40	563,23	350,18
1012+4,274	3,23	13,75	0,00	0,00	927,16	563,23	363,93
1013+0,000	1,72	38,93	0,00	0,00	966,09	563,23	402,86
1014+0,000	0,83	25,52	0,03	0,30	991,61	563,53	428,08
1015+0,000	0,00	8,32	4,59	46,22	999,92	609,75	390,17
1016+0,000	0,00	0,00	15,65	202,38	999,92	812,14	187,79
1017+0,000	0,00	0,00	16,04	316,87	999,92	1129,01	-129,09
1018+0,000	0,00	0,00	11,87	279,13	999,92	1408,14	-408,21
101816,157	0,00	0,00	8,05	160,92	999,92	1569,06	-569,14
1019+0,000	0,00	0,00	6,83	28,69	999,92	1597,75	-597,83
1019+4,855	0,00	0,00	5,74	30,67	999,92	1628,42	-628,50
101913,554	0,00	0,00	3,35	39,84	999,92	1668,26	-668,34
1020+0,000	0,00	0,01	2,45	18,71	999,93	1686,97	-687,04
1020+8,645	0,00	0,01	2,52	21,48	999,94	1708,45	-708,51
1021+0,000	0,00	0,00	6,62	51,87	999,94	1760,32	-760,38
1021+9,336	0,00	0,00	11,72	85,70	999,94	1846,03	-846,08
1022+0,000	0,00	0,00	16,23	149,35	999,94	1995,38	-995,43
1022+10,028	0,00	0,00	14,20	152,79	999,94	2148,16	-1148,22
1022+13,717	0,00	0,00	11,25	46,93	999,94	2195,09	-1195,15
1023+0,000	0,00	0,00	7,19	57,91	999,94	2253,01	-1253,07
1023+1,183	0,00	0,00	6,54	8,11	999,94	2261,12	-1261,18
1023+8,649	0,00	0,00	3,19	36,30	999,94	2297,42	-1297,48
1024+0,000	0,41	2,33	0,54	21,17	1002,27	2318,59	-1316,31
1025+0,000	0,00	4,11	4,96	55,01	1006,38	2373,59	-1367,21
1025+1,011	0,00	0,00	5,74	5,41	1006,38	2379,00	-1372,62
1025+8,210	0,00	0,00	11,15	60,37	1006,38	2439,36	-1432,98
102515,409	0,00	0,00	16,45	98,29	1006,38	2537,65	-1531,27
1026+0,000	0,00	0,00	19,13	81,68	1006,38	2619,33	-1612,95
102610,993	0,00	0,00	26,04	248,28	1006,38	2867,61	-1861,23
102618,601	0,00	0,00	35,19	225,52	1006,38	3093,13	-2086,75
1027+0,000	0,00	0,00	36,97	48,60	1006,38	3141,73	-2135,35
1027+6,209	0,00	0,00	37,09	215,98	1006,38	3357,71	-2351,33
1027+9,488	0,00	0,00	34,63	117,59	1006,38	3475,30	-2468,92
1028+0,000	0,00	0,00	15,52	283,26	1006,38	3758,55	-2752,18
1028+0,071	0,00	0,00	15,39	1,10	1006,38	3759,65	-2753,27
102810,654	4,43	23,86	0,00	84,31	1030,24	3843,96	-2813,72
102819,855	35,39	183,21	0,00	0,00	1213,45	3843,96	-2630,51
1029+0,000	35,94	5,16	0,00	0,00	1218,61	3843,96	-2625,35
102911,635	76,13	683,91	0,00	0,00	1902,52	3843,96	-1941,45
1030+0,000	78,54	699,98	0,00	0,00	2602,49	3843,96	-1241,47
1030+3,415	76,77	288,59	0,00	0,00	2891,08	3843,96	-952,88
103013,862	66,38	747,77	0,00	0,00	3638,85	3843,96	-205,11
1031+0,000	58,19	435,19	0,00	0,00	4074,04	3843,96	230,08
1031+5,722	37,51	318,53	0,00	0,00	4392,57	3843,96	548,61
103117,581	17,85	390,98	0,00	0,00	4783,55	3843,96	939,59
1032+0,000	10,47	34,26	0,10	0,12	4817,81	3844,09	973,73
1032+5,250	0,00	27,49	0,00	0,27	4845,31	3844,36	1000,95

## VIA F

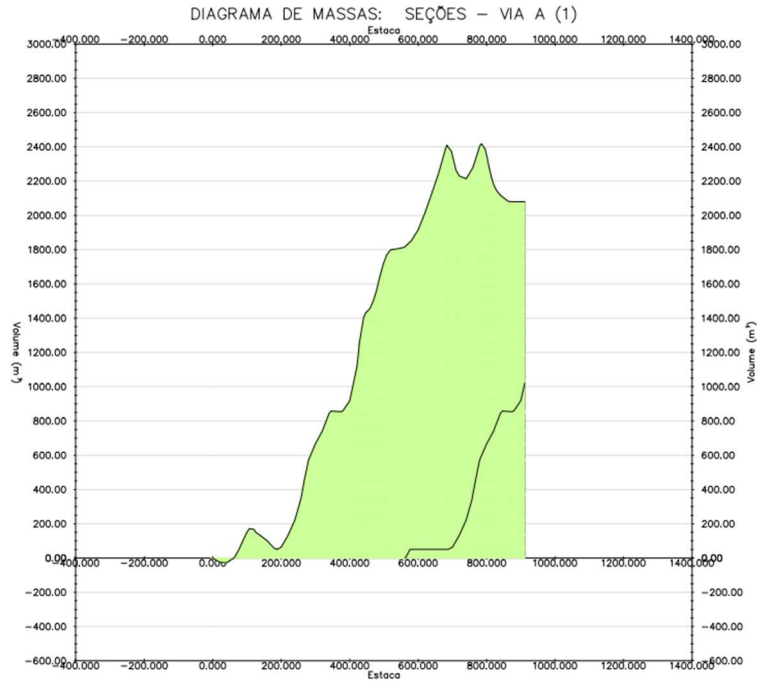
Estaca	Área de Corte (m <sup>2</sup> )	Volumen de Corte (m <sup>3</sup> )	Área de Aterro (m <sup>2</sup> )	Volumen de Aterro (m <sup>3</sup> )	Volumen de Corte Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volumen de Aterro Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volumen Líquido Acumulado (m <sup>3</sup> )
1100+0,000	0,05	0,00	2,80	0,00	0,00	0,00	0,00
1101+0,000	14,31	143,55	0,00	27,96	143,55	27,96	115,59
1102+0,000	23,10	374,06	0,00	0,00	517,61	27,96	489,65
1103+0,000	44,90	680,00	0,00	0,00	1197,61	27,96	1169,65
1104+0,000	0,34	452,45	4,62	46,15	1650,06	74,11	1575,95
1105+0,000	0,00	3,45	11,70	163,18	1653,51	237,29	1416,22
1106+0,000	2,41	24,13	3,68	153,86	1677,64	391,15	1286,50
1107+0,000	16,10	185,14	0,00	36,83	1862,79	427,98	1434,81
1108+0,000	2,14	182,38	0,98	9,83	2045,17	437,81	1607,36
1109+0,000	0,00	21,37	6,57	75,51	2066,55	513,32	1553,22
1110+0,000	0,00	0,00	4,93	115,00	2066,55	628,32	1438,23
1110+0,716	0,00	0,00	4,99	3,55	2066,55	631,87	1434,67
1110+11,89	0,00	0,00	6,75	63,54	2066,55	695,41	1371,13
1111+0,000	0,00	0,00	4,26	43,74	2066,55	739,15	1327,39
1111+3,063	0,00	0,00	3,57	11,75	2066,55	750,90	1315,65
1112+0,000	0,89	7,52	0,16	31,57	2074,06	782,47	1291,59
1113+0,000	12,27	131,60	0,00	1,57	2205,67	784,04	1421,63
1114+0,000	3,96	162,37	0,00	0,00	2368,04	784,04	1583,99
1115+0,000	0,00	39,64	2,97	29,69	2407,68	813,74	1593,94
1115+11,469	0,00	0,00	3,96	5,09	2407,68	818,82	1588,86
1115+12,613	0,00	0,00	11,47	89,12	2407,68	907,95	1499,73
1116+0,000	0,00	0,00	10,46	84,85	2407,68	992,79	1414,89
1116+3,756	0,00	0,00	9,08	38,48	2407,68	1031,28	1376,40
1117+0,000	0,99	8,03	0,82	80,38	2415,71	1111,65	1304,05
1118+0,000	2,08	30,68	0,33	11,47	2446,39	1123,12	1323,27
1119+0,000	0,98	30,63	0,37	6,96	2477,02	1130,08	1346,94
1120+0,000	3,74	47,28	0,00	3,70	2524,30	1133,79	1390,51
1121+0,000	3,15	68,95	0,00	0,00	2593,25	1133,79	1459,46
1122+0,000	2,21	53,56	0,00	0,00	2646,80	1133,79	1513,02
1123+0,000	4,97	71,80	0,00	0,00	2718,60	1133,79	1584,81
1124+0,000	1,58	65,57	0,00	0,00	2784,16	1133,79	1650,38
1125+0,000	0,39	19,69	2,01	20,12	2803,85	1153,90	1649,95
1125+19,85	0,24	6,20	2,34	43,24	2810,06	1197,14	1612,92

## VIA G

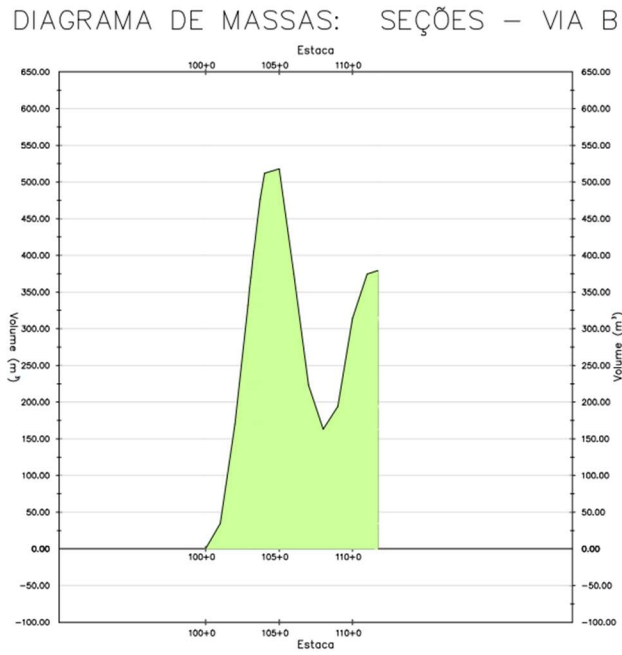
Estaca	Área de Corte (m <sup>2</sup> )	Volumen de Corte (m <sup>3</sup> )	Área de Aterro (m <sup>2</sup> )	Volumen de Aterro (m <sup>3</sup> )	Volumen de Corte Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volumen de Aterro Acumulado (m <sup>3</sup> )	Volumen Líquido Acumulado (m <sup>3</sup> )
1300+0,000	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00
1301+0,000	0,06	0,58	0,98	24,32	0,58	24,32	-23,74
1301+4,047	0,09	0,29	0,94	3,90	0,88	28,22	-27,35
1301+17,405	0,08	1,10	0,95	12,65	1,98	40,88	-38,89
1302+0,000	0,10	0,21	0,93	2,45	2,20	43,32	-41,13
1302+10,764	0,27	1,86	0,72	8,90	4,06	52,22	-48,17
1303+0,000	0,51	3,56	0,43	5,29	7,62	57,51	-49,89
1303+8,595	0,68	5,12	0,22	2,79	12,74	60,30	-47,57
1303+11,736	0,75	2,28	0,15	0,59	15,02	60,89	-45,87
1303+14,877	0,80	2,46	0,10	0,39	17,48	61,28	-43,81
1304+0,000	0,87	4,27	0,04	0,35	21,75	61,63	-39,89
1304+4,598	0,98	4,25	0,01	0,10	26,00	61,73	-35,73
1304+5,904	1,04	1,33	0,00	0,00	27,33	61,74	-34,41
1304+7,210	1,11	1,42	0,00	0,00	28,75	61,74	-32,99
1305+0,000	2,67	24,19	0,00	0,00	52,95	61,74	-8,79
1306+0,000	1,90	45,70	0,00	0,00	98,65	61,74	36,91
1306+7,116	1,13	10,79	0,02	0,08	109,44	61,82	47,61
1306+8,771	0,97	1,83	0,04	0,04	111,27	61,87	49,40
1306+10,426	0,79	1,52	0,08	0,09	112,78	61,95	50,83
1307+0,000	0,20	4,77	0,80	4,19	117,55	66,15	51,40
1308+0,000	1,35	15,51	0,00	7,96	133,06	74,10	58,96
1308+8,137	1,43	11,32	0,00	0,00	144,38	74,10	70,28
1308+10,206	1,52	3,04	0,00	0,00	147,42	74,10	73,32
1308+12,275	1,68	3,30	0,00	0,00	150,72	74,10	76,61
1308+12,473	1,70	0,34	0,00	0,00	151,05	74,10	76,95
1308+15,071	1,97	4,79	0,00	0,00	155,84	74,10	81,74
1308+17,669	2,30	5,56	0,00	0,00	161,41	74,10	87,30
1309+0,000	2,64	5,75	0,00	0,00	167,16	74,10	93,05
1310+0,000	1,96	46,06	0,00	0,00	213,22	74,11	139,11
1311+0,000	1,84	38,03	0,00	0,03	251,24	74,14	177,11
1311+2,141	1,93	4,03	0,00	0,00	255,27	74,14	181,13
1311+19,298	0,70	23,49	0,22	1,95	278,76	76,09	202,67
1312+0,000	0,67	0,46	0,26	0,17	279,22	76,26	202,96
1312+16,456	1,28	14,52	0,11	3,20	293,74	79,46	214,29
1313+0,000	1,87	5,57	0,02	0,24	299,32	79,69	219,62
1314+0,000	3,11	49,80	0,00	0,19	349,11	79,89	269,23
1315+0,000	0,70	38,10	0,49	4,87	387,22	84,76	302,46
1316+0,000	0,42	11,13	1,29	17,79	398,34	102,55	295,79
1316+12,129	0,00	2,52	0,00	7,84	400,86	110,39	290,47

# APÊNDICE C – DIAGRAMA DE MASSAS

## VIA A

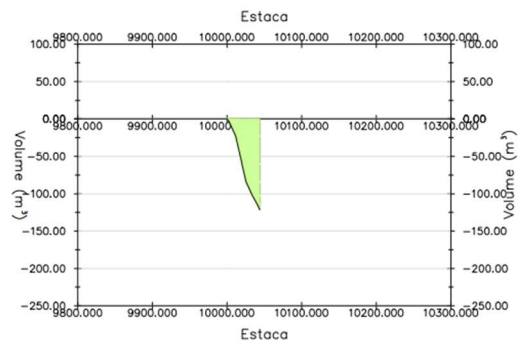


## VIA B



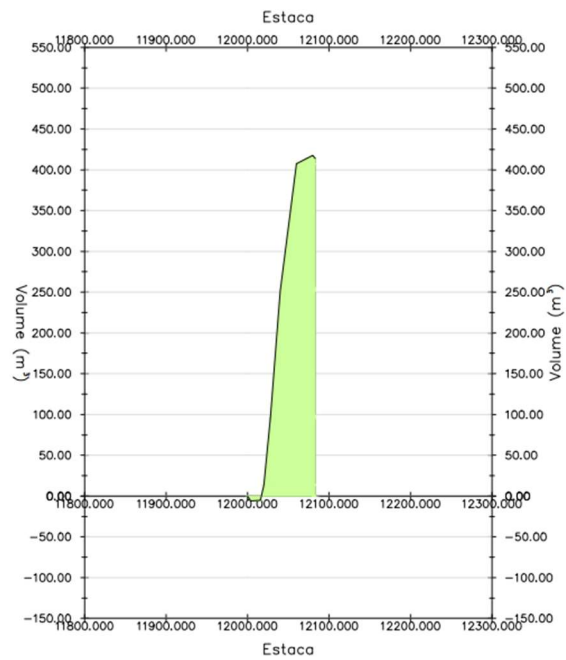
## VIA C

### DIAGRAMA DE MASSAS: SEÇÕES – VIA C

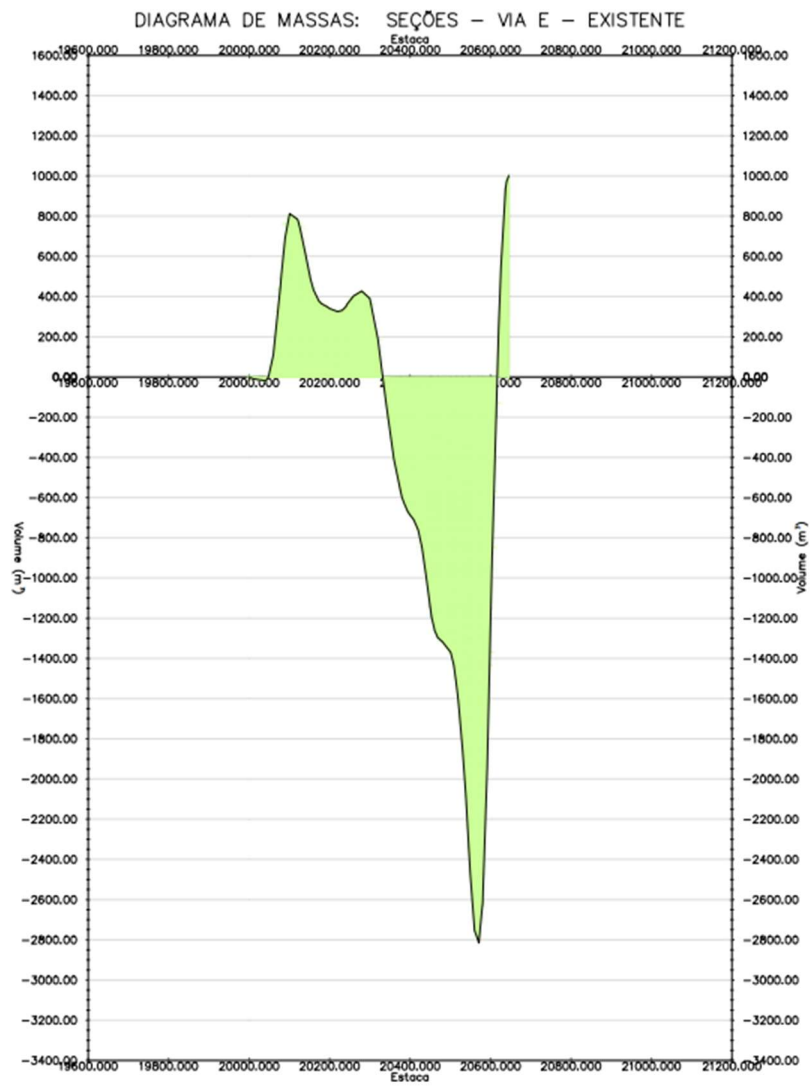


## VIA D

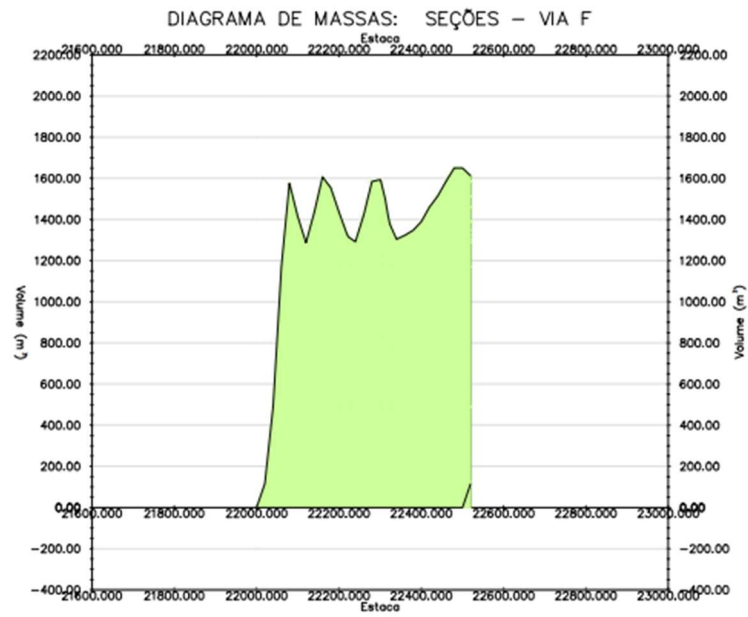
### DIAGRAMA DE MASSAS: SEÇÕES – VIA D



# VIA E

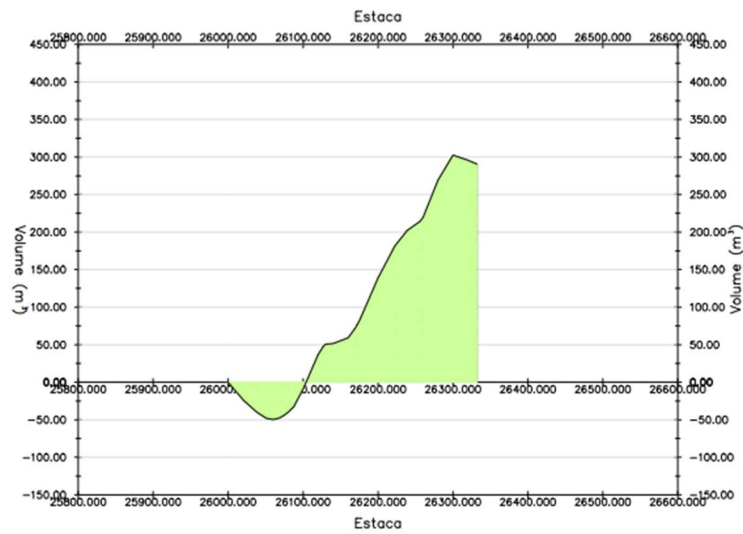


## VIA F



## VIA G

DIAGRAMA DE MASSAS: SEÇÕES - VIA G



## APÊNDICE D - LISTA DE QUANTIDADES E ORÇAMENTO

Rótulos de Linha	Comprimento	Area	Volume	Unidade	Custo Unitário	Custo Total
<b>INFRAESTRUTURA CML</b>						<b>€ 420.495,84</b>
<b>NÚCLEO 1</b>						<b>€ 169.598,78</b>
<b>VIA A</b>						<b>€ 113.268,10</b>
<b>DRENAGEM</b>						<b>€ 22.074,09</b>
Boca de bueiro de concreto Ø100mm	0,00	0,00	0,00	2,00	200,00 €	400,00
Boca de bueiro de concreto Ø40mm	0,00	0,00	0,00	3,00	150,00 €	450,00
Bueiro de concreto Ø100mm	11,34	0,00	0,00	0,00	50,00 €	566,94
Bueiro de concreto Ø40mm	21,29	0,00	0,00	0,00	25,00 €	532,30
Caixa coletora (1,0 m x 1,0 m)	0,00	0,00	0,00	3,00	500,00 €	1.500,00
Dissipador de energia 345 cm x 400 cm	0,00	0,00	0,00	1,00	1.200,00 €	1.200,00
Dissipador de energia 70 cm x 200 cm	0,00	0,00	0,00	3,00	300,00 €	900,00
Escavação de vala manual em material de 1ª categoria	0,00	0,00	96,24	0,00	10,00 €	962,40
Escavação de vala mecânica em material de 1ª categoria	0,00	0,00	145,32	0,00	5,00 €	726,61
Recobrimento de vala manual em material de 1ª categoria	0,00	0,00	90,55	0,00	7,50 €	679,09
Recobrimento de vala mecânica em material de 1ª categoria	0,00	0,00	19,24	0,00	4,00 €	76,95
Sarjeta de proteção (0,5 x 0,2 x 0,2m)	383,12	0,00	0,00	0,00	36,75 €	14.079,80
<b>MOVIMENTAÇÃO DE TERRA</b>						<b>€ 65.068,40</b>
Compactação de aterros a 98% do Proctor Normal	0,00	0,00	2.843,66	0,00	4,50 €	12.796,46
Desmatamento, destocamento, limpeza de área e estocagem do material de limpeza cor	0,00	8.268,21	0,00	0,00	5,21 €	43.063,59
Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 0 a 200 m - caminhc	0,00	0,00	844,26	0,00	6,50 €	5.487,66
Regularização do subleito	0,00	8.268,21	0,00	0,00	0,45 €	3.720,69
<b>PAVIMENTAÇÃO</b>						<b>€ 26.125,61</b>
ABGE granito [(tout-venant (5-20mm))]	0,00	0,00	497,63	0,00	16,25 €	8.086,50
Gravilha bem graduada (40-70mm)	0,00	0,00	497,63	0,00	20,00 €	9.952,61
Recarga em ABGE granito	0,00	0,00	497,63	0,00	16,25 €	8.086,50
<b>VIA B</b>						<b>€ 45.976,51</b>
<b>DRENAGEM</b>						<b>€ 15.244,75</b>
Boca de bueiro de concreto Ø40mm	0,00	0,00	0,00	1,00	150,00 €	150,00
Bueiro de concreto Ø40mm	8,61	0,00	0,00	0,00	25,00 €	215,21
Caixa coletora (1,0 m x 1,0 m)	0,00	0,00	0,00	1,00	500,00 €	500,00
Dissipador de energia 70 cm x 200 cm	0,00	0,00	0,00	2,00	300,00 €	600,00
Escavação de vala manual em material de 1ª categoria	0,00	0,00	80,25	0,00	10,00 €	802,48
Escavação de vala mecânica em material de 1ª categoria	0,00	0,00	123,60	0,00	5,00 €	618,02
Recobrimento de vala manual em material de 1ª categoria	0,00	0,00	68,68	0,00	7,50 €	515,08
Recobrimento de vala mecânica em material de 1ª categoria	0,00	0,00	24,35	0,00	4,00 €	97,40
Sarjeta de proteção (0,5 x 0,2 x 0,2m)	319,63	0,00	0,00	0,00	36,75 €	11.746,56
<b>MOVIMENTAÇÃO DE TERRA</b>						<b>€ 22.366,72</b>
Compactação de aterros a 98% do Proctor Normal	0,00	0,00	497,45	0,00	4,50 €	2.238,50
Desmatamento, destocamento, limpeza de área e estocagem do material de limpeza cor	0,00	2.588,13	0,00	0,00	5,21 €	13.479,83
Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 0 a 200 m - caminhc	0,00	0,00	843,65	0,00	6,50 €	5.483,73
Regularização do subleito	0,00	2.588,13	0,00	0,00	0,45 €	1.164,66
<b>PAVIMENTAÇÃO</b>						<b>€ 8.365,03</b>
ABGE granito [(tout-venant (5-20mm))]	0,00	0,00	159,33	0,00	16,25 €	2.589,18
Gravilha bem graduada (40-70mm)	0,00	0,00	159,33	0,00	20,00 €	3.186,68
Recarga em ABGE granito	0,00	0,00	159,33	0,00	16,25 €	2.589,18
<b>VIA C</b>						<b>€ 10.354,17</b>
<b>DRENAGEM</b>						<b>€ 3.894,72</b>
Escavação de vala manual em material de 1ª categoria	0,00	0,00	22,26	0,00	10,00 €	222,57
Escavação de vala mecânica em material de 1ª categoria	0,00	0,00	33,79	0,00	5,00 €	168,93
Recobrimento de vala manual em material de 1ª categoria	0,00	0,00	24,75	0,00	7,50 €	185,61
Recobrimento de vala mecânica em material de 1ª categoria	0,00	0,00	0,46	0,00	4,00 €	1,85
Sarjeta de proteção (0,5 x 0,2 x 0,2m)	90,22	0,00	0,00	0,00	36,75 €	3.315,75
<b>MOVIMENTAÇÃO DE TERRA</b>						<b>€ 4.244,62</b>
Compactação de aterros a 98% do Proctor Normal	0,00	0,00	10,27	0,00	4,50 €	46,20
Desmatamento, destocamento, limpeza de área e estocagem do material de limpeza cor	0,00	563,66	0,00	0,00	5,21 €	2.935,74
Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 0 a 200 m - caminhc	0,00	0,00	155,24	0,00	6,50 €	1.009,04
Regularização do subleito	0,00	563,66	0,00	0,00	0,45 €	253,65
<b>PAVIMENTAÇÃO</b>						<b>€ 2.214,82</b>
ABGE granito [(tout-venant (5-20mm))]	0,00	0,00	42,19	0,00	16,25 €	685,54
Gravilha bem graduada (40-70mm)	0,00	0,00	42,19	0,00	20,00 €	843,74
Recarga em ABGE granito	0,00	0,00	42,19	0,00	16,25 €	685,54

Rótulos de Linha	Comprimento	Area	Volume	Unidade	Custo Unitário	Custo Total
<b>INFRAESTRUTURA CIML</b>						<b>€ 420.495,84</b>
<b>NÚCLEO 2</b>						<b>€ 9.705,07</b>
<b>VIA D</b>						<b>€ 9.705,07</b>
<b>MOVIMENTAÇÃO DE TERRA</b>						<b>€ 7.088,93</b>
Compactação de aterros a 98% do Proctor Normal	0,00	0,00	445,54	0,00	4,50 €	2.004,95
Desmatamento, destocamento, limpeza de área e estocagem do material de limpeza cor	0,00	848,26	0,00	0,00	5,21 €	4.418,04
Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 0 a 200 m - caminhc	0,00	0,00	43,73	0,00	6,50 €	284,22
Regularização do subleito	0,00	848,26	0,00	0,00	0,45 €	381,72
<b>PAVIMENTAÇÃO</b>						<b>€ 2.616,14</b>
ABGE granito [(tout-venant (5-20mm))]	0,00	0,00	49,83	0,00	16,25 €	809,76
Gravilha bem graduada (40-70mm)	0,00	0,00	49,83	0,00	20,00 €	996,62
Recarga em ABGE granito	0,00	0,00	49,83	0,00	16,25 €	809,76
<b>NÚCLEO 3</b>						<b>€ 213.061,63</b>
<b>VIA E</b>						<b>€ 138.975,02</b>
<b>DRENAGEM</b>						<b>€ 25.861,84</b>
Dissipador de energia 70 cm x 200 cm	0,00	0,00	0,00	4,00	300,00 €	1.200,00
Escavação de vala manual em material de 1ª categoria	0,00	0,00	139,27	0,00	10,00 €	1.392,74
Escavação de vala mecânica em material de 1ª categoria	0,00	0,00	286,87	0,00	5,00 €	1.434,36
Recobrimento de vala manual em material de 1ª categoria	0,00	0,00	187,95	0,00	7,50 €	1.409,64
Recobrimento de vala mecânica em material de 1ª categoria	0,00	0,00	25,50	0,00	4,00 €	101,99
Sarjeta de proteção (0,5 x 0,2 x 0,2m)	553,01	0,00	0,00	0,00	36,75 €	20.323,11
<b>MOVIMENTAÇÃO DE TERRA</b>						<b>€ 93.522,53</b>
Compactação de aterros a 98% do Proctor Normal	0,00	0,00	5.146,34	0,00	4,50 €	23.158,51
Desmatamento, destocamento, limpeza de área e estocagem do material de limpeza cor	0,00	8.035,41	0,00	0,00	5,21 €	41.851,12
Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 0 a 200 m - caminhc	0,00	0,00	3.830,30	0,00	6,50 €	24.896,96
Regularização do subleito	0,00	8.035,41	0,00	0,00	0,45 €	3.615,94
<b>PAVIMENTAÇÃO</b>						<b>€ 19.590,66</b>
ABGE granito [(tout-venant (5-20mm))]	0,00	0,00	373,16	0,00	16,25 €	6.063,77
Gravilha bem graduada (40-70mm)	0,00	0,00	373,16	0,00	20,00 €	7.463,11
Recarga em ABGE granito	0,00	0,00	373,16	0,00	16,25 €	6.063,77
<b>VIA F</b>						<b>€ 74.086,61</b>
<b>DRENAGEM</b>						<b>€ 18.157,05</b>
Boca de bueiro de concreto Ø40mm	0,00	0,00	0,00	3,00	150,00 €	450,00
Bueiro de concreto Ø40mm	21,23	0,00	0,00	0,00	25,00 €	530,74
Caixa coletora (1,0 m x 1,0 m)	0,00	0,00	0,00	3,00	500,00 €	1.500,00
Dissipador de energia 70 cm x 200 cm	0,00	0,00	0,00	3,00	300,00 €	900,00
Escavação de vala manual em material de 1ª categoria	0,00	0,00	82,30	0,00	10,00 €	822,95
Escavação de vala mecânica em material de 1ª categoria	0,00	0,00	191,33	0,00	5,00 €	956,67
Recobrimento de vala manual em material de 1ª categoria	0,00	0,00	128,94	0,00	7,50 €	967,07
Recobrimento de vala mecânica em material de 1ª categoria	0,00	0,00	13,25	0,00	4,00 €	53,01
Sarjeta de proteção (0,5 x 0,2 x 0,2m)	325,89	0,00	0,00	0,00	36,75 €	11.976,61
<b>MOVIMENTAÇÃO DE TERRA</b>						<b>€ 38.523,55</b>
Compactação de aterros a 98% do Proctor Normal	0,00	0,00	0,02	0,00	4,50 €	0,10
Desmatamento, destocamento, limpeza de área e estocagem do material de limpeza cor	0,00	6.048,88	0,00	0,00	5,21 €	31.504,59
Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 0 a 200 m - caminhc	0,00	0,00	661,06	0,00	6,50 €	4.296,86
Regularização do subleito	0,00	6.048,88	0,00	0,00	0,45 €	2.722,00
<b>PAVIMENTAÇÃO</b>						<b>€ 17.406,02</b>
ABGE granito [(tout-venant (5-20mm))]	0,00	0,00	331,54	0,00	16,25 €	5.387,58
Gravilha bem graduada (40-70mm)	0,00	0,00	331,54	0,00	20,00 €	6.630,86
Recarga em ABGE granito	0,00	0,00	331,54	0,00	16,25 €	5.387,58
<b>NÚCLEO 4</b>						<b>€ 28.130,36</b>
<b>VIA G</b>						<b>€ 28.130,36</b>
<b>MOVIMENTAÇÃO DE TERRA</b>						<b>€ 17.670,46</b>
Compactação de aterros a 98% do Proctor Normal	0,00	0,00	389,85	0,00	4,50 €	1.754,34
Desmatamento, destocamento, limpeza de área e estocagem do material de limpeza cor	0,00	2.751,43	0,00	0,00	5,21 €	14.330,38
Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 0 a 200 m - caminhc	0,00	0,00	53,48	0,00	6,50 €	347,60
Regularização do subleito	0,00	2.751,43	0,00	0,00	0,45 €	1.238,14
<b>PAVIMENTAÇÃO</b>						<b>€ 10.459,90</b>
ABGE granito [(tout-venant (5-20mm))]	0,00	0,00	199,24	0,00	16,25 €	3.237,59
Gravilha bem graduada (40-70mm)	0,00	0,00	199,24	0,00	20,00 €	3.984,72
Recarga em ABGE granito	0,00	0,00	199,24	0,00	16,25 €	3.237,59

## APÊNDICE E - Cronograma Completo

ATIVIDADE	NOME	ÍNICIO	FINAL	CUSTO TOTAL
1	INFRAESTRUTURA CIVIL	02/06/2025	07/07/2025	€ 420.495,68
1.1	NÚCLEO 1	02/06/2025	29/06/2025	€ 169.598,77
1.1.1	VIA A	02/06/2025	29/06/2025	€ 113.268,10
1.1.1.1	DESMATAMENTO/LIMPEZA	02/06/2025	12/06/2025	€ 46.784,28
1.1.1.2	ACESSOS	13/06/2025	16/06/2025	€ 18.284,12
1.1.1.3	PAVIMENTAÇÃO	26/06/2025	29/06/2025	€ 26.125,61
1.1.1.4	DRENAGEM	13/06/2025	25/06/2025	€ 22.074,09
1.1.2	VIA B	02/06/2025	21/06/2025	€ 45.976,50
1.1.2.1	DESMATAMENTO/LIMPEZA	02/06/2025	16/06/2025	€ 14.644,49
1.1.2.2	ACESSOS	13/06/2025	14/06/2025	€ 7.722,23
1.1.2.3	PAVIMENTAÇÃO	20/06/2025	21/06/2025	€ 8.365,03
1.1.2.4	DRENAGEM	15/06/2025	19/06/2025	€ 15.244,75
1.1.4	VIA C	06/06/2025	18/06/2025	€ 10.354,17
1.1.4.1	DESMATAMENTO/LIMPEZA	06/06/2025	07/06/2025	€ 3.189,39
1.1.4.2	ACESSOS	13/06/2025	14/06/2025	€ 1.055,24
1.1.4.3	PAVIMENTAÇÃO	17/06/2025	18/06/2025	€ 2.214,82
1.1.4.4	DRENAGEM	15/06/2025	16/06/2025	€ 3.894,72
1.2	NÚCLEO 2	15/06/2025	20/06/2025	€ 9.705,07
1.2.1	VIA D	15/06/2025	20/06/2025	€ 9.705,07
1.2.1.1	DESMATAMENTO/LIMPEZA	19/06/2025	20/06/2025	€ 4.799,76
1.2.1.2	ACESSOS	15/06/2025	16/06/2025	€ 2.289,17
1.2.1.3	PAVIMENTAÇÃO	17/06/2025	18/06/2025	€ 2.616,14
1.3	NÚCLEO 3	10/06/2025	07/07/2025	€ 213.061,48
1.3.1	VIA E	10/06/2025	07/07/2025	€ 138.975,03
1.3.1.1	DESMATAMENTO/LIMPEZA	10/06/2025	20/06/2025	€ 45.467,06
1.3.1.2	ACESSOS	21/06/2025	27/06/2025	€ 48.055,47
1.3.1.3	PAVIMENTAÇÃO	05/07/2025	07/07/2025	€ 19.590,66
1.3.1.4	DRENAGEM	28/06/2025	04/07/2025	€ 25.861,84
1.3.2	VIA F	12/06/2025	29/06/2025	€ 74.086,45
1.3.2.1	DESMATAMENTO/LIMPEZA	12/06/2025	19/06/2025	€ 34.226,55
1.3.2.2	ACESSOS	20/06/2025	21/06/2025	€ 4.296,86
1.3.2.3	PAVIMENTAÇÃO	27/06/2025	29/06/2025	€ 17.406,02
1.3.2.4	DRENAGEM	20/06/2025	26/06/2025	€ 18.157,02
1.4	NÚCLEO 4	20/06/2025	28/06/2025	€ 28.130,36
1.4.1	VIA G	20/06/2025	28/06/2025	€ 28.130,36
1.4.1.1	DESMATAMENTO/LIMPEZA	20/06/2025	24/06/2025	€ 15.568,52
1.4.1.2	ACESSOS	25/06/2025	26/06/2025	€ 2.101,94
1.4.1.3	PAVIMENTAÇÃO	28/06/2025	28/06/2025	€ 10.459,90

## **ANEXOS**

## ANEXO A – Custos Unitários Utilizados

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO
<b>1</b>	<b>Terraplenagem</b>	-	-
1.1	Desmatamento, destocamento, limpeza de área e estocagem do material de limpeza com árvores de diâmetro até 0,15m (espessura média de 20cm)	m <sup>2</sup>	€ 5,21
1.3	Regularização do subleito	m <sup>2</sup>	€ 0,45
1.2	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 0 a 200 m - caminho de serviço em leito natural - com escavadeira e caminhão basculante de 14 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	€ 6,50
1.4	Compactação de aterros a 98% do Proctor Normal	m <sup>3</sup>	€ 4,50
<b>2.</b>	<b>Pavimentação</b>	-	-
2.1	Gravilha bem graduada (40-70mm)	m <sup>3</sup>	€ 20,00
2.2	ABGE granito [(tout-venant (5-20mm))]	m <sup>3</sup>	€ 16,25
2.3	Recarga em ABGE granito	m <sup>2</sup>	€ 16,25
<b>3.</b>	<b>Drenagem</b>	-	-
3.1	Escavação de vala manual em material de 1ª categoria	m <sup>3</sup>	€ 10,00
3.2	Escavação de vala mecânica em material de 1ª categoria	m <sup>3</sup>	€ 5,00
3.3	Recobrimento de vala manual em material de 1ª categoria	m <sup>3</sup>	€ 7,50
3.4	Recobrimento de vala mecânica em material de 1ª categoria	m <sup>3</sup>	€ 4,00
3.5	Sarjeta de proteção (0,5 x 0,2 x 0,2m)	m	€ 36,75
3.6	Bueiro de concreto Ø100mm	m	€ 50,00
3.7	Bueiro de concreto Ø40mm	m	€ 25,00
3.8	Boca de bueiro de concreto Ø100mm	unidade	€ 200,00
3.9	Boca de bueiro de concreto Ø40mm	unidade	€ 150,00
3.10	Dissipador de energia 70 cm x 200 cm	unidade	€ 300,00
3.11	Dissipador de energia 345 cm x 400 cm	unidade	€ 1.200,00
3.12	Caixa coletora (1,0 m x 1,0 m)	unidade	€ 500,00